

Aplicación de Sistemas de
Información Geográfica en planes
de ordenamiento territorial.
Caso de estudio: Corn Island

Romer Altamirano Guerrero

Historia

Cuadernos de Investigación

Fundados en el año 2000, los *Cuadernos de Investigación de la UCA* es una publicación de la Universidad Centroamericana (UCA) de Managua, cuya edición está a cargo de la Dirección de Investigación y Proyección Social de esta *Alma Mater*. En su perfil monotemático se presentan y discuten a profundidad los resultados de una investigación en particular. Siendo su objetivo fundamental, la divulgación de los resultados obtenidos en las diversas actividades investigativas desarrolladas por los profesores, investigadores y estudiantes de la UCA. Asimismo estos cuadernos son utilizados por los estudiantes como referente bibliográfico de consulta permitiéndoles profundizar sus conocimientos sobre una temática en particular y motivándolos en el quehacer investigativo. Su público lo constituyen investigadores, profesores y estudiantes de la educación superior.

Los trabajos publicados en los *Cuadernos* expresan las opiniones de sus autores y no necesariamente la opinión del Comité Editorial. Su contenido puede ser reproducido, citando la fuente y enviando copia de lo publicado a la siguiente dirección: *Cuadernos de Investigación de la UCA*. Dirección de Investigación y Proyección Social. Apartado postal 69. Fax: (505) 267-0106. Teléfono: (505) 278-3923 al 3927 – Ext. 192 y 236. Managua, Nicaragua. Correo electrónico: ucapubli@ns.uca.edu.ni

Fundada en 1960, la Universidad Centroamericana (UCA) de Managua, es una universidad privada, de servicio público e inspiración cristiana, administrada por los jesuitas. En la actualidad la UCA posee cinco facultades: Humanidades, Ciencias Jurídicas, Ciencias Económicas y Empresariales, Comunicación y Ciencia y Tecnología del Ambiente.

También forman parte de la universidad, el Instituto de Investigación y Desarrollo (Nitlapán), el Instituto de Historia de Nicaragua y Centroamérica (IHNCA), el Centro de Análisis Socio-Cultural (CASC), El Instituto de Educación (IDEUCA), el Instituto de Encuestas y Sondeos de Opinión (IDESO), el Centro de Investigación y Documentación de la Costa Atlántica (CIDCA), el Instituto de Acción Social Juan XXIII, el Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos (CIDEA), Herbario Nacional, el Centro de Malacología / Diversidad Animal, la Estación Solar VADSTENA-UCA y el Centro de Biología Molecular (CBM).

Créditos

Mayra Luz Pérez Díaz
Directora

Alejandro E. Bermúdez Ortega
Xerox de Nicaragua
Diseño y diagramación

Iván Marín Argüello
Wendy Bellanger
Asistentes de edición

Centro Digital XEROX - UCA
Impresión

Rogelio Medina
Mercadeo y distribución

ISSN 1729-2034

**Aplicación de Sistemas de
Información Geográfica en planes
de ordenamiento territorial.
Caso de estudio: Corn Island**

Romer Altamirano Guerrero

Managua, 2005

CONTENIDO

1. Resumen	4
2. Introducción	5
3. Planteamiento del problema	5
4. Objetivos	6
5. Metodología	6
6. Marco de referencia	7
7. Definiciones de Sistema de Información Geográfica	7
7.1. Generalidades.	7
7.2. Historia	8
7.3. Desarrollo de los SIG	9
7.4. Diferencias entre SIG y CAD	11
7.5. Componentes de un SIG	11
7.6. Recurso humano	13
7.7. Funciones de los componentes de un SIG	13
7.8. Procesamiento de la información en un SIG	14
7.9. Representación de la información.	15
7.10. Estructura de la representación.....	15
7.11. Agrupar información de objetos en un SIG	15
7.12. Relaciones entre objetos.....	16
7.13. Relación de objetos y atributos en un tema	16
7.14. Sistema de coordenadas	17
7.15. Proyecciones	18
7.16. Base de datos geográfica	18
8. Aplicaciones de los SIG	19
8.1. Aplicaciones bióticas.	20
8.1.1 Agricultura y usos del suelo.	20
8.1.2 Gestión de los recursos naturales.....	21
8.2. Aplicaciones de administración y gestión	21
8.2.1. Aplicaciones catastrales.....	21
8.2.2. Aplicaciones de la planificación y gestión de servicios públicos.....	22
8.2.3. Aplicaciones urbanas.....	22

8.2.4. Aplicaciones cartográficas.....	23
8.2.5. Aplicaciones para la defensa y la seguridad.....	23
8.3. Aplicaciones socioeconómicas	23
8.3.1 Censos y estadísticas de población	23
8.3.2. Análisis de mercado.	24
9. Modelos de diseño de un SIG	24
9.1. Modelo conceptual	25
9.2. Modelo lógico	27
9.3. Modelo físico	28
9.4. Secuencia de actividades a realizar en un SIG	29
10. Aplicación de herramientas de sistemas de información reflejadas a nivel internacional y nacional	32
10.1. Antecedentes en bases de datos mundiales	32
10.2. Antecedentes nacionales	33
10.3. Caso de estudio nacional: municipio de Corn Island.	36
10.3.1. Microlocalización.	36
10.3.2. Aplicaciones de carácter urbano.	36
10.3.3. Elementos de hidrología superficial.	39
10.3.4. Población.	40
10.3.5. División sectorial.	41
10.3.6. Vivienda.	41
10.3.7. Morfología urbana.	42
10.3.8. Tipología arquitectónica.	42
11. Conclusiones.....	44
12. Agradecimiento	45
13. Bibliografía	46
14. Anexos.....	47
15. Glosario de definiciones	64

Resumen

La finalidad de esta propuesta es establecer la aplicación de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica para poder aplicar una base cartográfica automatizada de un sitio que permita aplicarse a los planes de ordenamiento territorial.

Corn Island se utilizará como referencia para particularizar las características generales de la propuesta, así como para establecer los resultados más relevantes, enfocados en el desarrollo del turismo como principal potencial en la isla. Por lo tanto, como resultado ilustrará al municipio y a su administración, sobre el posible uso de herramientas de análisis para el manejo adecuado del ordenamiento territorial, basados fundamentalmente en el empleo de los Sistemas de Información Geográfica, de manera específica ArcView 3.3, desarrollado por la empresa ESRI.

Abstract

The purpose of this proposal is to establish the application of tools like the systems of geographical information to be able to apply an automated cartographic base of a place that allows to be applied to the plans of territorial classification.

Corn Island will be used like reference to particularize the general characteristics of the proposal, as well as to establish the most outstanding results, focused in particular in the development of the tourism like main potential in the island. Therefore, as a result it will illustrate to the municipality and the administration of the same one, the possible use analysis tools for the appropriate handling of the territorial classification, based fundamentally on the use of the Geographical Systems of Information, specifically ArcView 3.3 developed by the company ESRI.

2. Introducción

El principal objetivo del mapeo -ambiental, geográfico, geológico, etc.- es el de ayudar a los especialistas en planificación y a los dirigentes a tomar decisiones sobre el manejo de un territorio, por lo que los resultados de dicho mapeo deben ser presentados de forma tal que sea de fácil interpretación para profesionales no especializados en la temática que se grafica

También permite establecer una herramienta adecuada para el ordenamiento territorial o tradicional con el fin de evaluar y orientar el uso de la tierra de acuerdo a sus características. Información indispensable al momento de implementar planes, políticas y estrategias a desarrollar a corto, mediano y largo plazo o a diferentes escalas del espacio geográfico ya sea a nivel nacional, regional, departamental municipal y nivel de proyectos. El ordenamiento territorial se centra en el estudio primordial de diferentes variables socio-económicas y posteriormente la consideración de variables físico-naturales con sus correspondientes indicadores.

Bajo este contexto, en el presente trabajo se presenta información geológica, hidrogeológica y socioeconómica sobre el área de estudio que corresponde al municipio de Corn Island, en términos comprensibles para cualquier especialista.

3. Planteamiento del Problema

Es necesario establecer herramientas para abordar la problemática del ordenamiento territorial existente en el país. Donde la aplicación de dichas herramientas ayudarán a establecer las variables territoriales a considerar en el proceso de toma de decisiones, especialmente para las alcaldías. Por eso, se destaca a nivel nacional, la base administrativa territorial que es el municipio, como base para el desarrollo y aplicación de las mismas.

Estas herramientas tratan de integrar las más recientes tecnologías como el uso de programas SIG (Sistemas de Información Geográficas) y GPS (Sistemas de Posicionamiento Global), como muestra de la posibilidad de aplicación en un área municipal del caribe nicaragüense como es el municipio de Corn Island. Aunque se cuente con presupuestos limitados, el invertir de manera adecuada en esta técnicas de levantamiento de información posibilita un mejor control administrativo del territorio y sus recursos naturales.

4. Objetivos

General

Elaborar una propuesta de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica como herramientas para el ordenamiento territorial en el municipio de Corn Island.

Específicos

- Desarrollar las diferentes etapas metodológicas propuestas para lograr la aplicación de sistemas de información en un sitio de estudio específico.
- Diseñar un conjunto de planos para que puedan aplicarse en el desarrollo de los sistemas de información.
- Realizar la validación metodológica de las diferentes etapas planteadas, tomando como caso de estudio la Isla del Maíz (Corn Island).

5. Metodología

Para la definición de la propuesta metodológica se elaboraron planes ambientales que establecen dos pasos fundamentales: uno instrumental y otro metódico.

La metodología a desarrollar establece como paso instrumental, la necesidad de contar con la defini-

ción de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que requiere de una base de datos y un conjunto de planos cartográficos de respaldo para poder establecer posteriormente la modelación de escenarios propuestos.

Para el levantamiento del campo de verificación se requirió de:

- Aparato de GPS (Global Positioning System / Sistema de Posicionamiento Global) de marca Garmin Etrex Vista, para el monitoreo de puntos geográficos en la isla de Corn Island.
- Datos catastrales suministrados por la Alcaldía de Corn Island de levantamiento de zona noroeste.
- Fotos de paisaje de los puntos geográficos levantados.

Luego se procedió al procesamiento de la información en Excel 2003 y se importó a Arcview 3.3., contando con las extensiones para Análisis Espacial y de Imágenes.

De este procesamiento se generaron como resultado final, el conjunto de planos que abordan parte de la temática físico-natural y socio-económica.

Cuadro 1
CERTITUD METÓDICA

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HERRAMIENTAS	INTERPRETACIÓN	RESULTADOS
Elaborar una propuesta de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica como herramientas para el ordenamiento territorial.	Desarrollar las diferentes etapas metodológicas aplicadas para lograr la aplicación de sistemas de información en un sitio de estudio específico.	Levantamiento de información Entrevistas	Textos	Herramienta metodológica
	Diseñar un conjunto de planos para el desarrollo de la aplicación de sistemas de información.	Pasos metodológicos	Matrices síntesis	Herramientas instrumentales
	Realizar la validación metodológica de las diferentes etapas planteadas, tomando como caso de estudio la Isla del Maíz (Corn Island).	Levantamiento de campo Entrevistas	Inventario ambiental Matrices síntesis Planos de información	Validación de pasos metodológicos e instrumentales

6. Marco de Referencia

Para el establecimiento de la propuesta metodológica de planes ambientales es necesario retomar los siguientes aspectos prioritarios:

- a. La aplicación de una georreferenciación que permite definir Sistemas de Información Geográfica. Se basa en el empleo de un software específico que permite la integración de una base de datos y el empleo de mapas. La base de datos cartográficos parte básicamente del uso del levantamiento catastral de los predios con toda la información sobre el territorio.
- b. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) comprenden un conjunto de equipos, programas especializados, informaciones temáticas, informaciones geográficas y personal especializado capaz de manejar los procesos de captura, almacenamiento, actualización y análisis de la información referenciada en el espacio.
- c. El diseño del SIG se organiza sobre la base de una concepción del territorio, permitiendo la actualización de variables y la consulta del estado de los elementos.

7. Definiciones de Sistema de Información Geográfica

7.1. Generalidades

La abreviatura GIS proviene de el campo angloamericano, y se utiliza para referirse a *Geographic Information System*, que en español significa "*Sistemas de Información Geográfica*" (SIG). La sigla GIS proviene del idioma angloamericano; se refiere a *Geographic Information System*, que en la traducción al español acá aceptada significa "*Sistemas de Información Geográfica*" (SIG). (Martínez, D)

Un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración. Una definición más sencilla lo señala como: un sistema de computador capaz de mantener y usar datos con localizaciones exactas en una superficie terrestre. Un Sistema de Información Geográfica es una herramienta de análisis de información, la cual debe tener una referencia espacial y conservar una inteligencia propia sobre la topología y representación.

Un Sistema de Información Geográfica particulariza un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfica o descriptiva de objetos del mundo real, que tienen una representación gráfica, y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto de su tamaño y dimensión a la superficie de la tierra. Aparte de la especificación no gráfica, el SIG cuenta también con una base de datos gráfica con información georreferenciada o de tipo espacial, y de alguna forma ligada a la base de datos descriptiva. La información es considerada geográfica si es mensurable y tiene localización.

En un SIG se usan herramientas de gran capacidad de procesamiento gráfico y alfanumérico, las cuales van dotadas de procedimientos y aplicaciones para captura, almacenamiento, análisis y visualización de la información georreferenciada (ver ilustración 1).

La mayor utilidad de un sistema de información geográfico esta íntimamente relacionada con la capacidad que posee éste de construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales, esto se logra aplicando una serie de procedimientos específicos que generan aún más información para el análisis.

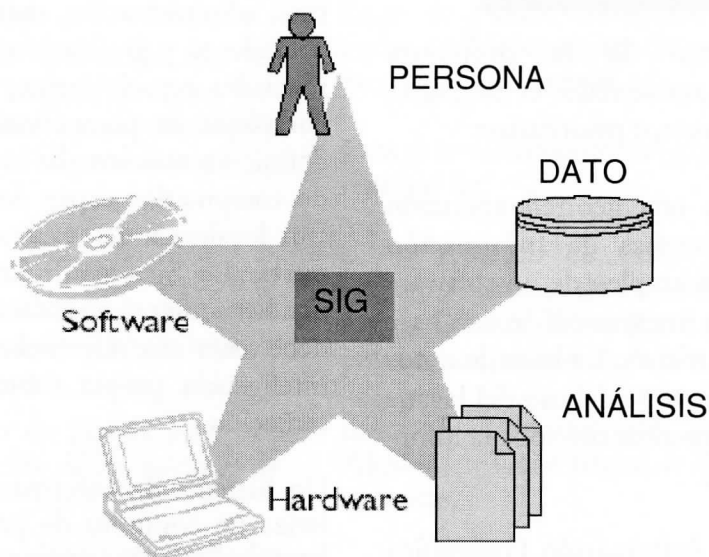


Ilustración 1. Componentes de un SIG.

La construcción del modelo de simulación, como se llaman, se convierte en una valiosa herramienta para analizar fenómenos que tengan relación con tendencias y así poder lograr establecer los diferentes factores influyentes. En general, un SIG debe tener la capacidad de dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ⇒ ¿Dónde está el objeto A?
- ⇒ ¿Dónde está A en relación con B?
- ⇒ ¿Cuántas ocurrencias del tipo A hay en una distancia D de B?
- ⇒ ¿Cuál es el valor que toma la función Z en la posición X?
- ⇒ ¿Cuál es la dimensión de B (frecuencia, perímetro, área, volumen)?
- ⇒ ¿Cuál es el resultado de la intersección de diferentes tipos de información?
- ⇒ ¿Cuál es el camino más corto (menor resistencia o menor costo) sobre el terreno desde un punto (X1, Y1) a lo largo de un corredor P hasta un punto (X2, Y2)?

- ⇒ ¿Qué hay en el punto (X, Y)?
- ⇒ ¿Qué objetos están próximos a aquéllos que tienen una combinación de características?
- ⇒ ¿Cuál es el resultado de clasificar los siguientes conjuntos de información espacial?
- ⇒ Utilizando el modelo definido del mundo real, simule el efecto del proceso P en un tiempo T dado un escenario S.

7.2. Historia

La distribución espacial es inherente tanto a los fenómenos propios de la corteza terrestre, como a los fenómenos artificiales y naturales que sobre ella ocurren.

Todas las sociedades que han gozado de un grado de civilización han organizado de alguna manera la información espacial. Los fenicios fueron navegantes, exploradores y estrategias militares que recopilaban información en un formato pictórico, y desarrollaron una cartografía "primitiva" que

permitió la expansión y mezcla de razas y culturas. Los griegos adquirieron un desarrollo político, cultural y matemático, refinaron las técnicas de abstracción con sus descubrimientos geométricos, y aportaron elementos para completar la cartografía utilizando medición de distancias con un modelo matemático ($a^2 + b^2 = c^2$. Pitágoras, ecuación del círculo).

Enmarcados en un hábitat insular, se convirtieron en navegantes e hicieron observaciones astronómicas para medir distancias sobre la superficie de la tierra. La información de este tipo se guardó en mapas.

Los romanos imitaron a los griegos y desarrollaron el Imperio utilizando con frecuencia el banco de datos previamente adquirido y ahora heredado. La logística de infraestructura permitió un alto grado de organización política y económica, soportada, sobre todo, por el manejo centralizado de recursos de información.

Se puede decir que las invasiones bárbaras disminuyeron el ritmo de desarrollo de la civilización en el continente europeo durante la Edad Media, y sólo hacia el siglo XVIII los estados reconocieron la importancia de organizar y sistematizar de alguna manera la información espacial. Se crearon organismos comisionados exclusivamente para ejecutar la recopilación de información y producir mapas topográficos al nivel de países enteros, organismos que han subsistido hasta hoy.

En el siglo XIX, con su avance tecnológico basado en el conocimiento científico de la tierra, se produjeron grandes volúmenes de información geomorfológica que se debía cartografiar. La orientación espacial de la información se conservó con la superposición de mapas temáticos especializados sobre un mapa topográfico base.

Recientemente la fotografía aérea y de manera particular las imágenes de satélite han permitido la observación periódica de los fenómenos sobre la

superficie de la corteza terrestre. La información producida por este tipo de sensores ha exigido el desarrollo de herramientas para lograr una representación cartográfica de este tipo de información.

El medio donde se desarrollaron estas herramientas tecnológicas correspondió a las ciencias de teledetección, análisis de imágenes, reconocimiento de patrones y procesamiento digital de información, en general estudiadas por físicos, matemáticos y científicos expertos en procesamiento espacial. Obviamente, éstos tenían un concepto diferente del de los cartógrafos, con respecto a la representación visual de la información. Con el transcurso del tiempo se ha logrado desarrollar un trabajo multidisciplinario, y es por esta razón que ha sido posible pensar en utilizar la herramienta conocida como "Sistemas de Información Geográfica, SIG / (GIS)"

7.3. Desarrollo de los SIG

En 1962, en Canadá, se diseñó el primer sistema "formal" de información geográfica para el mundo de los recursos naturales a escala mundial. En el Reino Unido se empezó a trabajar en la unidad de cartografía experimental, pero fue hasta la década de los 80 cuando surgió la comercialización de los SIG.

Durante las décadas de los 60 y 70, se empezó a aplicar la tecnología del computador digital al desarrollo de tecnología automatizada. Excluyendo cambios estructurales en el manejo de la información, la mayoría de programas estuvo dirigida hacia la automatización del trabajo cartográfico; algunos pocos exploraron nuevos métodos para el manejo de información espacial, y se siguieron básicamente dos tendencias:

- ⇒ Producción automática de dibujos con un alto nivel de calidad pictórica.
- ⇒ Producción de información basada en el análisis espacial, pero con el costo de una baja calidad gráfica.

La producción automática de dibujo se basó en la tecnología de diseño asistido por computador (CAD). El CAD se utilizó en la cartografía para aumentar la productividad en la generación y actualización de mapas. El modelo de base de datos de CAD maneja la información espacial como dibujos electrónicos compuestos por entidades gráficas organizadas en planos de visualización o capas, cada una de las cuales contiene la información de los puntos en la pantalla (o píxeles) que debe encender para la representación por introducción a los sistemas de la pantalla. Estos conjuntos de puntos organizados por planos de visualización se guardan en un formato vectorial.

Las bases de datos incluyen funciones gráficas primitivas que se emplean para construir nuevos conjuntos de puntos o líneas en nuevas capas y definir un símbolo imaginado por el usuario. Por ejemplo, una capa que contenga una línea vertical se puede sumar lógicamente otra que contenga un área circular para generar el símbolo de un palo de golf o de una nota musical, definido en una nueva capa que se puede llamar "hierro 4" o "negrilla". Posteriormente, a la simbología se le adicionó una variable "inteligente" al incorporar el texto.

El desarrollo de la tecnología CAD se aplicó para la manipulación de mapas y dibujos y para la optimización del manejo gerencial de información cartográfica. De allí se desarrolló la tecnología AM/FM (Automated Mapping/Facilities Management). El desarrollo paralelo de las disciplinas que incluyen la captura, el análisis y la presentación de datos en un contexto de áreas afines como catastro, cartografía, topografía, ingeniería civil, geografía, planeación urbana y rural, y servicios públicos, entre otros, ha implicado duplicidad de esfuerzos. Hoy se ha logrado reunir el trabajo en el área de sistemas de información geográfica multipropósito, en la medida en que se superan los problemas técnicos y conceptuales inherentes al proceso.

En los años 80 se vio la expansión del uso de los SIG, facilitados por la comercialización

simultánea de un gran número de herramientas de dibujo y diseño asistido por ordenador (con siglas en inglés CAD y CADD), así como la generalización del uso de microordenadores y estaciones de trabajo en la industria, y la aparición y consolidación de las bases de datos relacionales, junto a las primeras modelizaciones de las relaciones espaciales o topología. En este sentido, la aparición de productos como ARC-INFO en el ámbito del SIG o IGDS, en el ámbito del CAD, fue determinante para lanzar un nuevo mercado con una rapidísima expansión. La aparición de la Orientación a Objetos (OO) en los SIG (como el Tigris de Intergraph), inicialmente aplicados en el ámbito militar (Defense Map Agency-DMA) (OO) permite nuevas concepciones de los SIG, donde se integra todo lo referido a cada entidad, por ejemplo, una parcela (simbología, geometría, topología, atribución).

Pronto los SIG se comenzaron a utilizar en cualquier disciplina que necesitara la combinación de planos cartográficos y bases de datos como: ingeniería civil: diseño de carreteras, presas y embalses; estudios medioambientales, socioeconómicos y demográficos; comunicación, ordenación del territorio, estudios geológicos y geofísicos, y prospección y explotación de minas, entre otros.

Los años 90 se caracterizaron por la madurez en el uso de estas tecnologías en los ámbitos tradicionales mencionados y por su expansión a nuevos campos (SIG en los negocios), propiciada por la generalización en el uso de los ordenadores de gran potencia, y, sin embargo, muy asequibles. La enorme expansión de las comunicaciones, y en especial de Internet y el World Wide Web, la aparición de los sistemas distribuidos (DCOM, CORBA) y la fuerte tendencia a la unificación de formatos de intercambio de datos geográficos propiciaron la aparición de una oferta proveedora (Open Gis) que suministraba datos a un enorme mercado de usuario final.

El incremento de la popularidad de las tendencias de programación distribuida y la expansión y beneficios de la máquina virtual de Java, permitieron la creación de nuevas formas de programación de sistemas distribuidos, de esta manera aparecieron los agentes móviles, para tratar de solucionar el tráfico excesivo que hoy se encuentra en Internet. Los agentes móviles utilizan la invocación de métodos remotos y la serialización de objetos de Java para lograr transportar la computación y los datos. Nace aquí un nuevo paradigma para el acceso a consultas y recopilación de datos en los Sistemas de Información Geográfica, cuyos mayores beneficios se esperan obtener en los años siguientes.

A partir de 1998 se empezó a colocar en distintas órbitas una serie de familias de satélites que traerían a los computadores personales, antes de 2003, fotografías digitales de la superficie de la tierra con resoluciones que oscilarán entre 10 metros y 50 centímetros.

Empresas como SPOT, OrbImage, EarthWatch, Space Imaging y SPIN-2 han iniciado la creación de uno de los mecanismos que serán responsables de la habilitación espacial de la tecnología informática. Curiosamente, este "Boom" de los satélites de comunicaciones está empujando la capacidad de ancho de banda para enviar y recibir datos, hasta el punto de que en este momento la capacidad sólo concebida para fibra óptica de T1 y T3, se está alcanzando de manera inalámbrica. Por otro lado, la frecuencia de visita de estos satélites permitirá ver cualquier parte del mundo casi cada hora.

Las imágenes pancromáticas, multispectrales, hiperespectrales, radar, infrarrojas, térmicas, crearán un mundo virtual digital a nuestro alcance. Este nuevo mundo cambiará radicalmente la percepción que tenemos sobre nuestro planeta.

7.4. Diferencias entre SIG y CAD

Los sistemas CAD se basan en la computación gráfica, que se concentra en la representación y el manejo de información visual (líneas y puntos). Los SIG requieren de un buen nivel de computación gráfica, pero un paquete exclusivo para manejo gráfico no es suficiente para ejecutar las tareas que requiere un SIG, y no necesariamente un paquete gráfico constituye una buena base para desarrollar éste.

El manejo de la información espacial requiere una estructura diferente de la base de datos, mayor volumen de almacenamiento y tecnología de soporte lógico (software) que supere las capacidades funcionales gráficas ofrecidas por las soluciones CAD.

Los SIG y los CAD tienen mucho en común, dado que ambos manejan los contextos de referencia espacial y topología. Las diferencias consisten en el volumen y la diversidad de información, y en la naturaleza especializada de los métodos de análisis presentes en un SIG. Estas diferencias pueden ser tan grandes, que un sistema eficiente para un CAD puede no ser el apropiado para un SIG y viceversa.

7.5. Componentes de un SIG

Un SIG, al igual que cualquier sistema de información, es un conjunto de elementos que trabajan armónicamente para cumplir con un objetivo específico. Como tal, sus componentes son los equipos, programas, datos, el recurso humano y los procedimientos que están íntimamente relacionados para poder dar respuesta a cada una de las preguntas que se plantearon (ver ilustración 2).

Equipos (Hardware)

Los programas de los SIG se pueden ejecutar en un amplio rango de equipos, desde servidores hasta computadores personales usados en red o trabajando en modo "desconectado".

Programas (Software)

Los programas de los SIG proveen las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica. Los principales componentes de estos programas son:

- Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- Un sistema de manejador de base de datos (DBMS)
- Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- Interfaz gráfica para el usuario (GUI) para acceder fácilmente a las herramientas.

Para el caso de estudio se aplicó el programa de Arcview 3.3 con las extensiones Image Analysis, que permiten realizar de manera adecuada las funciones antes mencionadas (ver ilustración 3).

Datos

Probablemente la parte más importante de un Sistema de Información Geográfica la constituyen sus datos. Los datos geográficos y tabulares pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información, así como por terceros que ya los tienen disponibles. El Sistema de Información Geográfica integra los datos espaciales con otros recursos de datos, y puede, incluso, utilizar los manejadores de base de datos más comunes para operar la información geográfica.

La duración y validez de los tres primeros componentes mencionados es diferente para cada uno de ellos.

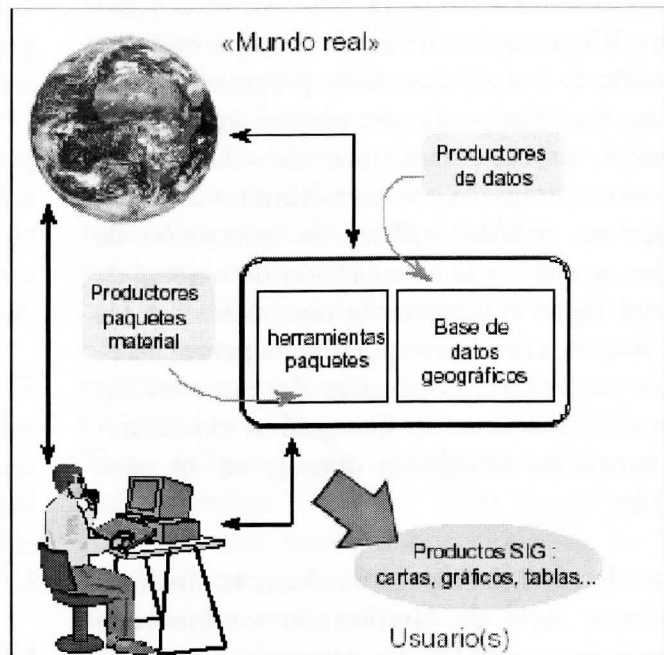


Ilustración 2. Definición de un SIG.

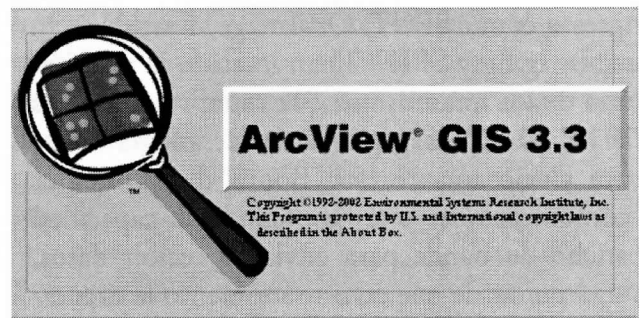


Ilustración 3. Interfaz de Arcview 3.3.

Según estimaciones de Bill & Fritsch (1994) se tiene:

Hardware	3 - 5 años
Software	7 - 15 años
Datos	25 - 70 años

7.6. Recurso Humano

La tecnología de los SIG está limitada si no se cuenta con el personal que opera, desarrolla y administra el sistema. Este aspecto es significativo al pensar en aplicarlo para la realización de planes de ordenamiento territorial que se establecen como atributos de las alcaldías en los municipios. Esto significa que se plantea una necesidad de conformar unidades técnicas municipales y oficinas de catastro, fortalecidas con el personal que garantice el desarrollo y consolidación de la base de datos, y uso de programas para su correcta aplicación.

7.7. Funciones de los componentes de un SIG

Dentro de las funciones básicas de un sistema de información podemos describir la captura de la información, ésta se logra mediante procesos de digitalización, procesamiento de imágenes de satélite, fotografías, videos y procesos aerofotogramétricos, entre otros.

Otra función básica de procesamiento de un SIG hace referencia a la parte del análisis que se puede realizar con los datos gráficos y no gráficos, se puede especificar la función de contigüidad de objetos sobre un área determinada; del mismo modo, se puede especificar la función de coincidencia que se refiere a la superposición de objetos dispuestos sobre un mapa.

La manera como se agrupan los diversos elementos constitutivos de un SIG queda determinada por una serie de características comunes a varios tipos de objetos en el modelo, estas agrupaciones son dinámicas y generalmente obedecen a condiciones y necesidades específicas de los usuarios (ver ilustración 4).

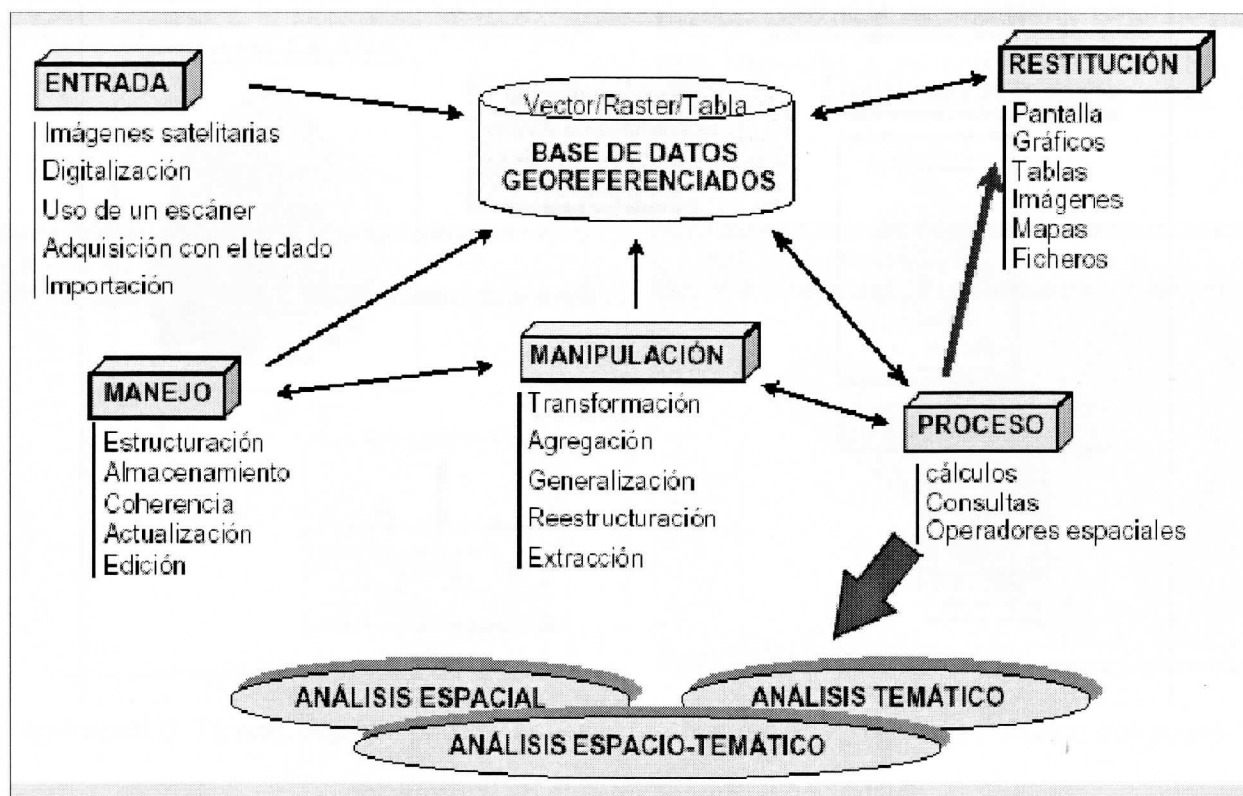


Ilustración 4. Funciones de los componentes de un SIG.

El concepto categoría, cobertura o entidad de clase queda determinado como una unidad básica de agrupación de varios mapas que comparten algunas características comunes en forma de temas relacionados con los objetos contenidos en los mapas. Sobre un mapa se definen objetos (tienen una dimensión y localización respecto a la superficie de la tierra), aquéllos poseen atributos, y estos últimos pueden ser de tipo gráfico o alfanumérico.

A un conjunto de mapas relacionados se le denomina, entonces, categoría; a un conjunto de categorías, tema; y el conjunto de temas dispuesto sobre un área específica de estudio se agrupa en forma de índices temáticos del proyecto SIG. De tal suerte, que la arquitectura jerárquica de un proyecto queda expuesta por el concepto de índice, categoría, objetos y atributos.

Las categorías definidas pueden ser los puntos de control, el modelo de formación y conservación catastral, la categoría transporte, las coberturas vegetales, la hidrología, el relieve y áreas en general. Como referencia, los objetos para la categoría catastro son: zona urbana, sector urbano, manzana, edificación, parque o sitio de interés.

7.8. Procesamiento de la información de un SIG

El SIG debe permitir la captura de los datos geográficos y almacenarlos en una base de datos, de tal forma que pueda ser manipulada (consultada, modificada y borrada). A partir de esos datos se pueden establecer diferentes reportes (informes gráficos y/o tabulares) que presentan información a analizar o previamente analizada con rutinas (programas) específicas (ver ilustración 5).

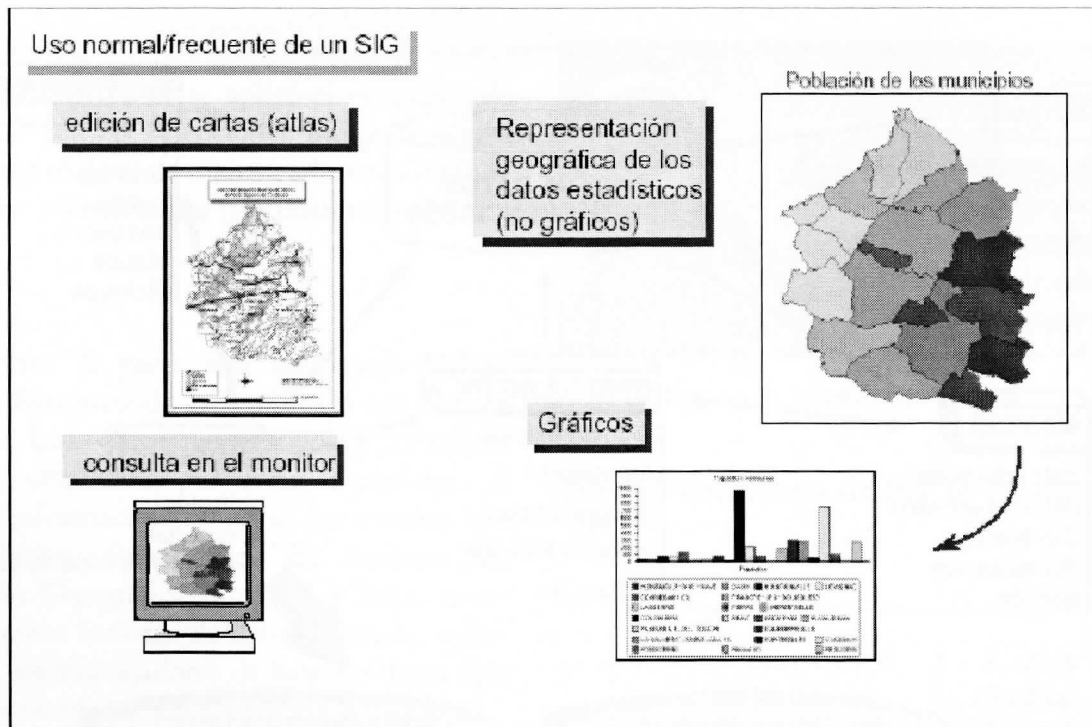


Ilustración 5. Procesamiento de información.

7.9. Representación de la información

La representación primaria de los datos en un SIG está basada en algunos tipos de objetos universales que se refieren al punto, línea y área (polígonos). Los elementos puntuales son todos aquellos objetos relativamente pequeños respecto a su entorno más inmediato. Se representan mediante líneas de longitud cero. Por ejemplo, elementos puntuales pueden ser un poste de la red de energía o un sumidero de la red de alcantarillado. Aquí vale la pena hacer la siguiente aclaración respecto a la determinación de los elementos puntuales: en un mapa que incluya los detalles más relevantes de un objeto particular, éste puede figurar como un elemento de tipo área, en cambio, en otro mapa que no incluya detalles asociados del objeto, puede aparecer como un objeto puntual.

Los objetos lineales se representan por una sucesión de puntos, donde el ancho del elemento lineal es despreciable respecto de la magnitud de su longitud. Con este tipo de objetos se modelan y definen las carreteras, las líneas de transmisión de energía, los ríos y las tuberías del acueducto, entre otros (ver ilustración 6).

Los objetos de tipo área (polígono) se representan en un SIG de acuerdo con un conjunto de líneas y puntos cerrados para formar una zona perfectamente definida a la que se le puede aplicar el concepto de perímetro y longitud. Con este tipo se modelan superficies como: mapas de bosques, divisiones políticas, sectores socioeconómicos de una población o un embalse de generación, entre otros (ver ilustración 7).

7.10. Estructura de la representación

La manera como se agrupan los diversos elementos constitutivos de un SIG queda determinada por una serie de características comunes a varios tipos de objetos en el modelo. Estas agrupaciones son dinámicas y generalmente obedecen a las condiciones y necesidades específicas de los usuarios.

7.11. Agrupar información de objetos en un SIG

Los objetos se agrupan de acuerdo con características comunes y forman categorías o coberturas. Las agrupaciones son dinámicas y se establecen para responder a las necesidades específicas del usuario. La categoría o cobertura se define como

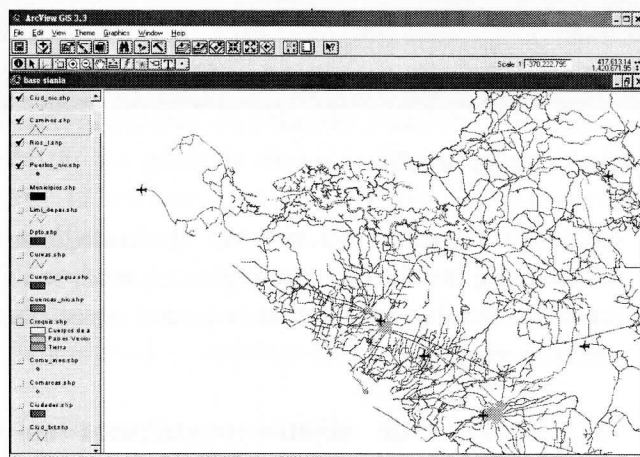


Ilustración 6. Temas, objetos, punto y líneas.

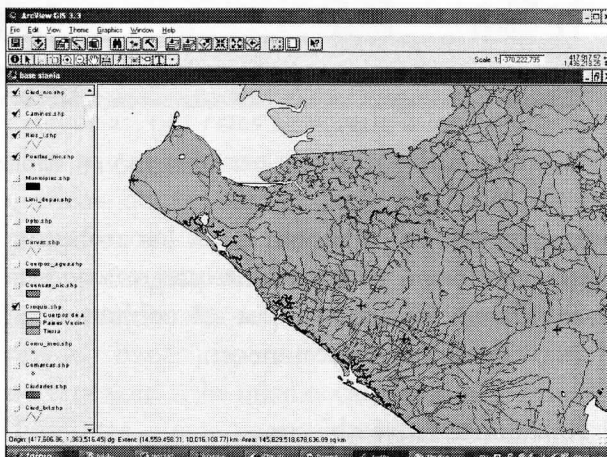


Ilustración 7. Temas de objetos polígonos.

una unidad básica de almacenamiento. Es una versión digital de un sencillo mapa "temático", en el sentido de contener información solamente sobre algunos de los objetos: predio, lotes, vías, marcas de terreno, hidrografía, calles, construcciones, curvas de nivel (ver ilustración 8).

alfanumérica también se le define el mismo identificador, de tal forma que al interior del sistema se establece una relación entre los dos componentes. Además de la integridad de entidad definida antes, se expresan otros tipos de relaciones, por ejemplo: la relación posicional dice dónde está el

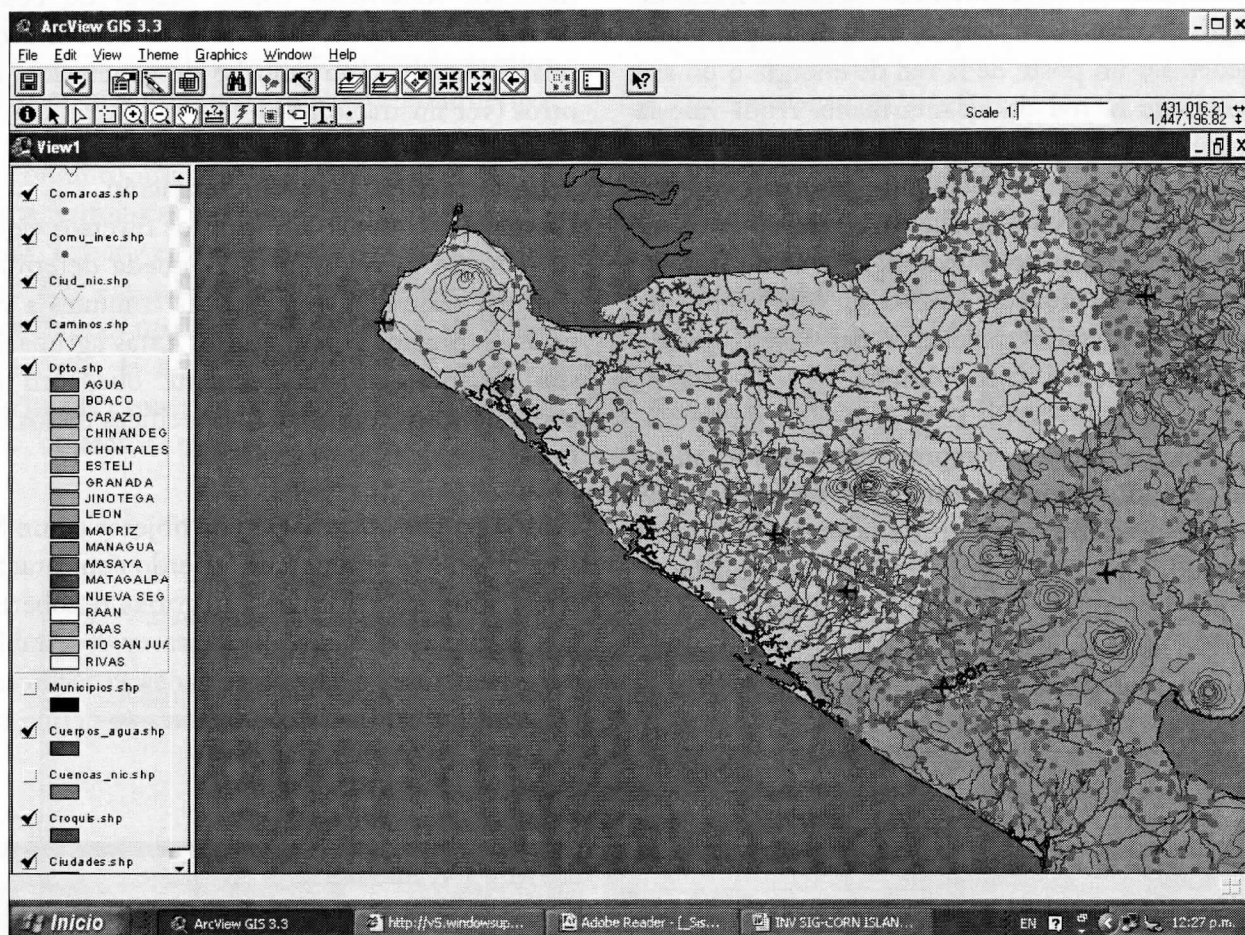


Ilustración 8. Mapas temáticos en ArcView.

En una categoría se presentan tanto los atributos gráficos como los no gráficos. Una categoría queda representada en el sistema por el conjunto de archivos o mapas que le pertenecen.

7.12. Relaciones entre objetos

Se sabe que un objeto al interior de una categoría posee por lo menos dos componentes, uno gráfico y otro no gráfico. A un objeto gráfico se le define a través del software un número clave de identificación, del mismo modo, a la componente

elemento respecto del sistema de coordenadas establecido; la relación topológica expresa, sencillamente, la relación del elemento con otros de su entorno geográfico.

7.13. Relación de objetos y atributos en un tema

A cada objeto contenido en una categoría se le asigna un único número identificador (clave). Cada objeto está caracterizado por una localización única (atributos gráficos en relación con

unas coordenadas geográficas) y por un conjunto de descripciones (atributos no gráficos). El modelo de datos permite relacionar y ligar atributos gráficos y no gráficos (ver ilustración 9).

real se utiliza un sistema de coordenadas, en el cual la localización de un elemento está dada por las magnitudes de latitud y longitud en unidades de grados, minutos y segundos.

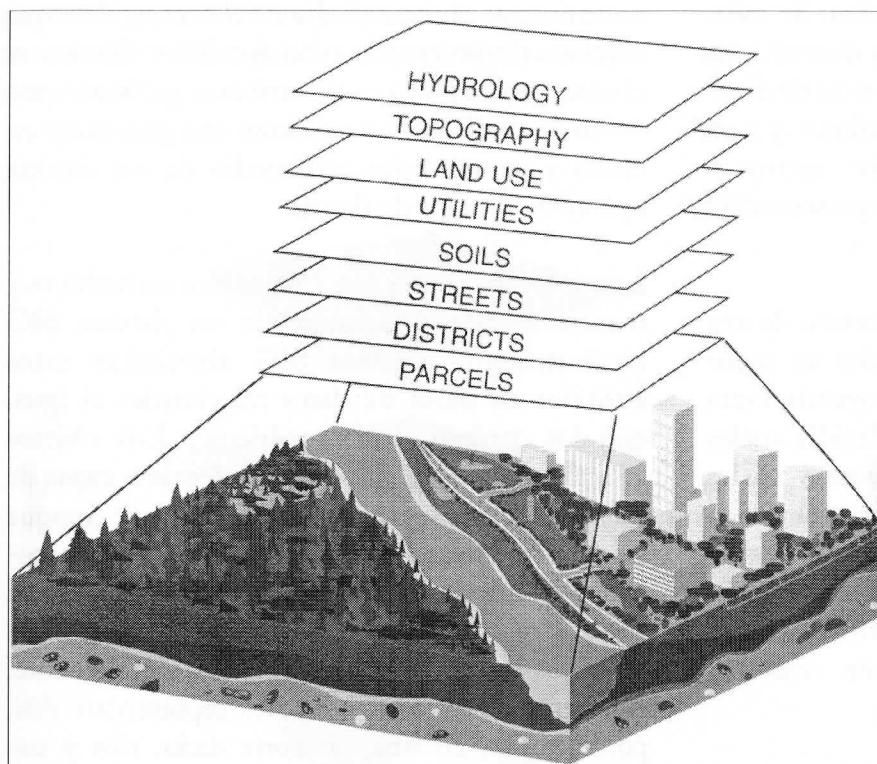


Ilustración 9. Temas de una zona específica.

Los datos posicionales dicen dónde está el elemento, y los datos topológicos informan sobre la ubicación de éste en relación con los otros. Los atributos no gráficos dicen qué es y cómo es el objeto. El número identificador, que es único para cada objeto de la categoría, es almacenado tanto en el archivo o mapa de objetos como en la tabla de atributos, lo cual garantiza una correspondencia estricta entre los atributos gráficos y no gráficos.

7.14. Sistema de coordenadas

Un sistema de coordenadas geográficas es un sistema de referencia usado para localizar y medir elementos geográficos. Para representar el mundo

La longitud varía de 0 a 180 grados en el hemisferio Este, y de 0 a -180 grados en el hemisferio Oeste, de acuerdo con las líneas imaginarias denominadas meridianos.

La latitud varía de 0 a 90 grados en el hemisferio Norte, y de 0 a -90 grados en el hemisferio Sur, de acuerdo con las líneas imaginarias denominadas paralelos o líneas ecuatoriales. El origen de este sistema de coordenadas queda determinado en el punto donde se encuentran la línea ecuatorial y el meridiano de Greenwich.

Las coordenadas cartesianas son generalmente usadas para representar una superficie plana. Los puntos se expresan en términos de las distancias que se

paran a dicho punto de los ejes de coordenadas. En un SIG, a través del índice, es posible ver las categorías, por éstas se accede a los objetos, y por ellos se tiene acceso a los atributos gráficos y no gráficos que se almacenan en la base de datos geográficos. Cada usuario puede cargar los archivos o mapas que conforman una categoría para atender sus necesidades. De igual manera, puede hacer operaciones con objetos que pertenezcan a la misma categoría o a categorías diferentes. Estas operaciones pueden ser de tipo espacial (unión, intersección) o racionales (continuidad, vecindad, proximidad).

7.15. Proyecciones

La superficie de referencia más usada para la descripción de localizaciones geográficas es una superficie esférica. Esto es válido aun sabiendo que la figura de la tierra se puede modelar más como un elipsoide que como una esfera. Se sabe, sin embargo, que para la generación de una base de datos que permita la representación de elementos correctamente georreferenciados, y en unidades de medidas comunes como metros o kilómetros, debe ser construida una representación plana.

Toda proyección lleva consigo la distorsión de una o varias de las propiedades espaciales ya mencionadas. El método usado para la proyección será el que, en definitiva, nos permita decidir cuáles propiedades espaciales sean conservadas y cuáles distorsionadas. Proyecciones específicas eliminan o minimizan la distorsión de propiedades espaciales particulares. Las superficies de proyección más comunes son los planos, cilindros y conos. Según el caso, se exige la proyección azimutal, cilíndrica y cónica, respectivamente.

Las propiedades especiales de forma, área, distancia y dirección son conservadas o distorsionadas dependiendo no sólo de la superficie de proyección, sino también de otros parámetros. Puesto que cada tipo de proyección requiere de una forma diferente de transformación matemática para la conversión geométrica, cada método debe producir distintas coordenadas para un punto dado. Por ejemplo: transformación de mercator, transformación estereográfica.

7.16. Base de datos geográfica

La esencia de un SIG está constituida por una base de datos geográfica. Ésta es una colección de datos acerca de objetos localizados en una determinada área de interés en la superficie de la tierra, organizados de forma tal que pueden servir eficientemente a una o varias aplicaciones. Una base de datos geográfica requiere de un conjunto de

procedimientos que permitan hacer un mantenimiento de ella, tanto desde el punto de vista de su documentación como de su administración. La eficiencia está determinada por los tipos de datos almacenados en diferentes estructuras. El vínculo entre éstas se obtiene mediante el campo clave que contiene el número identificador de los elementos, el cual aparece tanto en los atributos gráficos como en los no gráficos. Estos últimos son guardados en tablas y manipulados por medio de un sistema operador de bases de datos.

Los atributos gráficos son guardados en archivos y manejados por el software de un sistema SIG (recientemente algunos SIG almacenan estos atributos en bases de datos relacionales al igual que los atributos alfanuméricos). Los objetos geográficos son organizados por temas o capas de información, llamadas también niveles. Aunque los puntos, líneas y polígonos pueden ser almacenados en niveles separados, los que permiten la agrupación de la información en temas son los atributos no gráficos; los elementos, simplemente, son agrupados por lo que ellos representan. Así, por ejemplo, en una categoría dada, ríos y carreteras, aun siendo ambos objetos línea están almacenados en distintos niveles por cuanto sus atributos son diferentes.

Los formatos estándar para un archivo de diseño son el formato celular o RASTER y el formato tipo VECTOR (ver ilustración 10), en el primero se define una grilla o una malla de rectángulos o cuadrados a los que se les denomina células o retículas, cada una de las cuales posee información alfanumérica asociada que representa las características de la zona o superficie geográfica que cubre. Como ejemplos de este formato se pueden citar la salida de un proceso de fotografía satelital; la fotografía aérea es otro buen ejemplo.

De otro lado, el formato vectorial representa la información por medio de pares ordenados de coordenadas, ordenamiento que da lugar a las entidades universales con las que se representan

los objetos gráficos, así, un punto se representa mediante un par de coordenadas, una línea con dos pares de coordenadas, un polígono como una serie de líneas, y un área como un polígono cerrado. A las diversas entidades universales se les puede asignar atributos y almacenar éstos en una base de datos descriptiva o alfanumérica para tales propósitos.

ficación sobre los recursos existentes en el área de interés.

En el ámbito municipal pueden desarrollarse aplicaciones que ayuden a resolver un amplio rango de necesidades, por ejemplo:

- Producción y actualización de la cartografía básica. Éste es el tipo de actividades que genera mayores posibilidades de implementarse

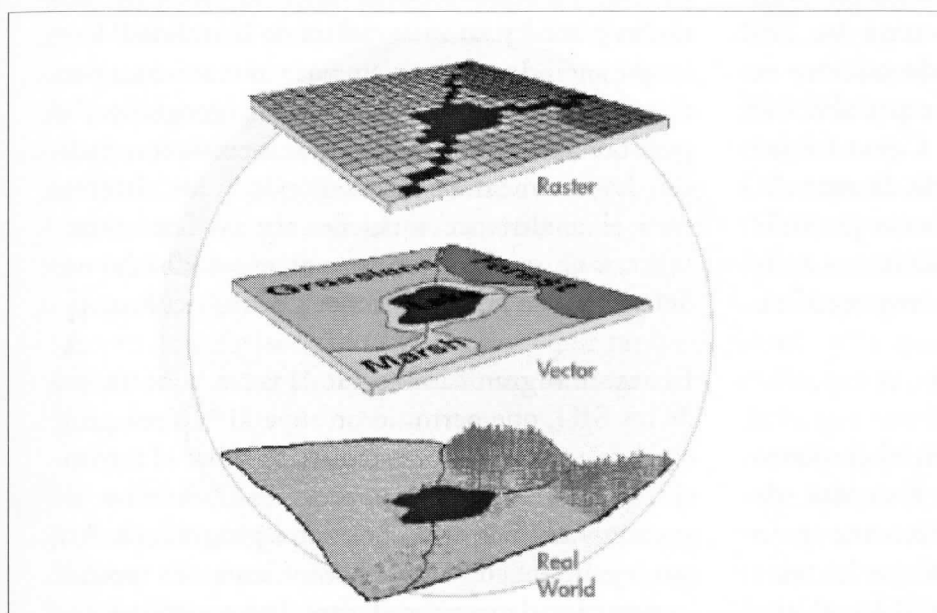


Ilustración 10. Formatos de datos geográficos.

8. Aplicaciones de los SIG

La utilidad principal de un Sistema de Información Geográfica radica en su capacidad para construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales, y para utilizar esos modelos en la simulación de los efectos que un proceso de la naturaleza o una acción antrópica produce sobre un determinado escenario en una época específica. La construcción de modelos constituye un instrumento muy eficaz para analizar las tendencias y determinar los factores que las influyen, así como para evaluar las posibles consecuencias de las decisiones de plani-

- Administración de servicios públicos (acueducto, alcantarillado, energía, teléfonos y telecomunicaciones, entre otros)

- Inventario y avalúo de predios

- Atención de emergencias (incendios, terremotos y accidentes de tránsito etc.)

- Estratificación socioeconómica

- Regulación del uso de la tierra

- Control ambiental (saneamiento básico ambiental y mejoramiento de las condiciones ambientales, educación ambiental)

- Evaluación de áreas de riesgos (prevención y atención de desastres)

- Localización óptima de la infraestructura de equipamiento social (educación, salud, deporte y recreación)

- Diseño y mantenimiento de la red vial

- Formulación y evaluación de planes de desarrollo social y económico.

Un SIG podría manejar al mismo tiempo una o más de las categorías antes señaladas para una zona geográfica específica, integrando de esta forma gran cantidad de datos de objetos relacionados, y permitiendo así responder diversas preguntas que relacionan un sinnúmero de variables.

Cada vez con mayor frecuencia se tiende a estudiar detalladamente esa vertiente espacial de los fenómenos que ocurren a nuestro alrededor, y cómo las personas nos vemos involucradas en ello. Por este motivo la componente territorial toma una gran relevancia, y esa presencia constante de información geográfica requiere herramientas como los SIG para su adecuado tratamiento.

De este modo, el uso -y por lo tanto los métodos y las técnicas de estos sistemas, como las herramientas idóneas para tratar esa información- se extiende en multitud de ámbitos, especialmente entre los profesionales y científicos. Como consecuencia de esto, como si de un efecto de retroalimentación se tratase, se generan nuevas posibilidades de utilización de dichas herramientas aplicadas al tratamiento de la información geográfica. Veamos estos usos de los SIG.

8.1. Aplicaciones bióticas

Las aplicaciones bióticas representan el conjunto de casos donde el uso de los Sistemas de Información Geográfica es más frecuente y se encuentra más extendido. Es habitual que las relaciones entre los elementos del medio físico alcancen cotas de complejidad muy elevadas, por lo que es necesario disponer de herramientas capaces de reflejar y recoger toda esa diversidad. Unido a esto, y como factor realmente clave, encontramos que en la actualidad existe una gran preocupación por nuestro entorno, por su estado, su nivel de conservación y por los recursos que tenemos a nuestra disposición.

8.1.1 Agricultura y usos del suelo

La agricultura y la producción de alimentos adquieren una gran importancia a todos los niveles territoriales, desde una escala local hasta una escala global. La información acerca de la situación agrícola o del uso del suelo que se da en un determinado territorio constituye una información totalmente imprescindible en nuestros días. Es por este motivo que, por regla general, siempre se ha procurado disponer de datos fiables y actual-

izados acerca del uso agrícola de un determinado territorio (Aronoff, 1989).

Ha sido habitual, durante muchos años, que todos esos componentes hayan estado limitados a una mera y a veces escueta recopilación de datos estadísticos, debido, por lo general, a la falta de herramientas adecuadas para tratar convenientemente la información disponible. La consecuencia de este enfoque suponía disponer sólo de una visión parcial y no integradora de la realidad. Con la aparición de nuevos sistemas y mecanismos para el tratamiento de la información geográfica, el panorama ha sufrido un cambio ciertamente radical. Las técnicas de teledetección y los sistemas para el análisis de imágenes de satélite constituyeron un primer gran paso en el estudio del uso del suelo y de las condiciones de la agricultura.

El segundo gran cambio fue la entrada de escena de los SIG, que permitieron superar la tarea principal de recoger datos estadísticos sobre el territorio, proporcionando mayores posibilidades de gestión y análisis de dichos datos geográficos. Así, por ejemplo, con estas herramientas es posible integrar los datos procedentes de los satélites con datos de tipo meteorológico para realizar previsiones acerca del estado en que se encontrarán las cosechas en el momento de la recolección. También es factible decidir qué tipo de explotación agrícola es la más adecuada en cada situación, teniendo en cuenta aspectos tales como el tipo de suelo, el nivel de erosión del mismo, la existencia de acuíferos subterráneos en condiciones de ser utilizados para el regadío, etc. En este tipo de aplicaciones, los SIG deben ser vistos como herramientas de uso muy adecuado que, integrando informaciones de diversa procedencia, permiten tomar decisiones, con una gran flexibilidad y rapidez, acerca de cómo planificar la agricultura y los otros usos del suelo.

Algunos de los ejemplos más claros del uso de los SIG en este tipo de aplicaciones se han dado con el Canadian Geographic Information System

(CGIS) o el caso de Coordinated Information on the European Environment Program.

8.1.2 Gestión de los recursos naturales

Se refiere a todas aquellas aplicaciones cuyo objetivo principal es tratar la información espacial que describe el tipo y la distribución de dichos recursos en la superficie de nuestro planeta, por ejemplo, los recursos minerales, la localización de zonas ricas en aguas o las zonas con suelos adecuados para la formación de bolsas petrolíferas. Suelen contemplar también otros datos, como los indicadores del tamaño de una población, de manera que sea posible establecer el potencial de impacto ambiental de las actividades humanas sobre el medio; los datos que reflejan los cambios en aspectos medioambientales producidos por la acción antrópica o incluso datos catastrales, con el fin de conocer quién posee cierto territorio y, por tanto, también los recursos que en él se encuentran (Siderelis, 1991).

Disponer de este gran volumen de datos, a menudo variables, en un corto período, supone disponer de una información privilegiada. Los especialistas en estudios de los recursos naturales, por lo tanto, deben procurar hacer un uso adecuado de dicha información, de manera que pueda optimizarse la gestión de los recursos naturales. Las herramientas de análisis espacial que proporcionan los SIG, como la superposición de polígonos, los análisis de proximidad, la generación de modelos o las simulaciones, toman un papel clave para poder llevar a buen término estos objetivos, brindando a esos especialistas la posibilidad de tener a su alcance la manera de hacer más efectivos sus estudios.

8.2. Aplicaciones de administración y gestión

Este conjunto de aplicaciones incluidas en este epígrafe es, después del grupo de las aplicaciones bióticas, el más frecuente y numeroso. Se agrupa el conjunto de aplicaciones relacionadas en mayor o menor grado con las actividades de las administra-

ciones públicas, las instituciones estatales y las empresas de gestión de servicios.

8.2.1. Aplicaciones catastrales

Son las que habitualmente se conocen con el nombre genérico de Land Information Systems o Sistemas de Información Territorial, LIS o SIT. Existe a menudo controversia acerca de lo que es realmente un SIT y cuáles son los aspectos que trata. Algunos especialistas los diferencian de los SIG, mientras que otros argumentan que se trata tan sólo de un tipo de aplicación concreta de esos SIG. Por este motivo, en 1981 una comisión especial de la *Fédération Internationale des Géomètres*, FIS, propuso la siguiente definición (Dale, 1991: Larsson, 1991): "Un Sistema de Información Territorial es una herramienta legal, administrativa y económica para la toma de decisiones y la ayuda en el planteamiento y el desarrollo, que se compone, por un lado, de una base de datos que contiene aspectos del territorio, referenciados espacialmente para áreas definidas, y, por otro lado, de los procedimientos y las técnicas para recoger, actualizar, procesar y distribuir sistemáticamente esos datos. La base de un Sistema de Información Territorial es un sistema uniforme de referencia espacial para los datos en el sistema, lo cual facilita la unión de los datos de éste con otros relacionados con el territorio".

Ante esta definición se considera, por lo tanto, que la diferencia principal entre un SIG y un SIT estriba en el uso que se hace de cada sistema, más que en la esencia de ellos. Mientras que un SIG tiene como objetivo primordial la realización de análisis espaciales complejos, un SIT está enfocado de cara a la gestión diaria, por tanto inmediata y repetitiva de datos geográficos.

La elección de los SIG para la elaboración del catastro hace de este sistema una aplicación indicada para cualquier tipo de análisis en donde sea imprescindible un enfoque territorial. La información permite realizar la gestión del suelo, cono-

cer el uso existente del mismo, realizar planes y gestionar registros de la propiedad o efectuar el cobro de impuestos sobre los bienes inmuebles.

8.2.2. Aplicaciones de la planificación y gestión de servicios públicos

La planificación y la gestión de servicios públicos constituyen otras de las aplicaciones por excelencia de los Sistemas de Información Geográfica, aunque no única y exclusiva de ellos. Con frecuencia, en éstos suele darse la circunstancia de que los SIG convivan con otro tipo de sistemas o aplicaciones informáticas, como los sistemas de Cartografía asistida por ordenador, los sistemas de diseño asistidos por ordenador de tipo CAD, o los sistemas gestión de las bases de datos, SGBD. Estos sistemas aplicados a la planificación y gestión de servicios públicos reciben por lo general el nombre de aplicaciones AM/FM (Automated Mapping/Facilities Management, es decir, Cartografía asistida/ Gestión de recursos para infraestructuras).

Los usuarios por excelencia de los SIG en esta labor de planificación y gestión de servicios públicos suelen ser las empresas prestatarias de dichos servicios, es decir, las compañías de agua, gas, electricidad, telefonía, teledifusión etc. En general, aunque existe una gran variedad de usos, el objetivo principal de todas estas compañías al utilizar un SIG, u otro tipo de sistema como los AM/FM, es la creación de un sistema de gestión de sus redes de distribución o transmisión con el fin de proporcionar al consumidor un servicio adecuado con un coste moderado (Mahoney, 1991).

El gran atractivo de los SIG es su capacidad de unir los datos geográficos con información alfanumérica de la red, de manera que proporcionan un gran número de capacidades analíticas. Los SIG toman en estas aplicaciones el papel de herramientas encargadas de proporcionar información actualizada a los niveles operacional y de planeamiento, de manera que ambos pueden

realizar sus actividades pertinentes de forma rápida y eficaz.

Este tipo de información, por ejemplo, permite hacer una previsión de la demanda futura para poder diseñar una próxima expansión, facilita la realización de propuestas sobre la posible localización de una nueva planta de producción o un centro de distribución o transmisión, ayuda en el mantenimiento general de la red, incluso posibilita el control y la coordinación de las actuaciones sobre el terreno de las diferentes compañías de servicios con el fin de evitar la frecuente duplicidad de trabajos en una misma zona, sobre todo complicada, en las grandes y densamente pobladas zonas urbanas.

8.2.3. Aplicaciones urbanas

La característica común de todas las aplicaciones de carácter urbano es el hecho de que éstas suelen integrar un amplio espectro de distintos tipos de información geográfica, procedente, igualmente, de un gran número de fuentes, y concerniente a diferentes niveles de responsabilidad en la organización. Es habitual que una alcaldía trate temas como la gestión del catastro, la gestión de servicios públicos (por ejemplo, el alcantarillado o el transporte urbano), el control medioambiental, la planificación etc. Todos ellos tienen la entidad suficiente para ser considerados por separado, tal como estamos viendo, y sólo es en el contexto urbano, en la ciudad, donde aparecen integrados funcionando de manera conjunta. La referencia común a toda esta información relativa a la ciudad es su componente geográfico (Huxhold, 1991). Los SIG en el ámbito urbano representan, pues, una buena herramienta para poder tratar esa información, y, de esta forma, mejorar los servicios públicos y el funcionamiento general de la administración pública.

Se debe destacar que los SIG constituyen en este tipo de aplicaciones una manera de enfocar más eficazmente, con una mayor responsabilidad, el servicio que los municipios brindan a sus pobladores.

8.2.4. Aplicaciones cartográficas

Se refiere al uso que las instituciones estatales o autónomas, encargadas de la elaboración de la cartografía topográfica de base, hacen de los Sistemas de Información Geográfica en sus procesos de producción cartográfica, y, en general, en sus labores de generación de información geográfica básica.

Se trata, pues, de proporcionar a los múltiples usuarios de los SIG la información mínima con que iniciar sus proyectos. Por ello, debido al carácter eminentemente estratégico de esta información, su elaboración debe ser responsabilidad de instituciones gubernamentales especializadas: los institutos cartográficos.

8.2.5. Aplicaciones para la defensa y la seguridad

Las aplicaciones para la defensa y la seguridad son las más desconocidas para la mayoría del público, por la componente de confidencialidad que normalmente tienen. Por lo general no es sino hasta que ha transcurrido cierto tiempo desde su puesta en funcionamiento que la información sobre dichas aplicaciones está disponible y puede ser consultada por investigadores o el público (Ball y Babbage, 1989).

La importancia y la ventaja estratégica que supone disponer de información geográfica adecuada se refleja a partir de uno de los ejemplos recientes más significativos del empleo de los SIG en una aplicación de tipo militar: el caso de la conocida guerra en el Golfo Pérsico, entre Irak y una alianza de países occidentales. En dicho conflicto la información geográfica estuvo en la mayoría de ámbitos: desde la localización de los emplazamientos del ejército contrario a través de la información proporcionada por los satélites, hasta el control en tiempo real del desplazamiento de los efectivos militares de cada bando, usando las técnicas de los GPS. Así quedó patente que la posibilidad por parte de los países occidentales aliados de tener acceso a todo ese volumen de información

geográfica suponía una clara ventaja ante un adversario como Irak, que poseía una tecnología insuficiente para obtener y gestionar todos esos datos.

Si hablamos de las aplicaciones para la seguridad civil, de las cuales es más fácil obtener información, debemos incluir en este grupo todos aquellos casos en que el objetivo principal es la prevención, el control y la actuación ante diferentes situaciones de crisis (DoE, 1987). Los usuarios potenciales de los SIG, en estas circunstancias, suelen ser las fuerzas de seguridad de los estados, los cuerpos de bomberos o las unidades de protección civil.

8.3. Aplicaciones socioeconómicas

Este grupo es, con toda seguridad, uno de los conjuntos de aplicaciones que en un futuro experimentará un avance significativo. Hoy, uso de los SIG en estos campos es todavía limitado, aunque hay algunos significativos.

8.3.1 Censos y estadísticas de población

Tener los datos acerca de la población, sobre los cambios estructurales que ésta sufre, tiene una importancia primordial tanto a escala global como nacional. La información demográfica es vital en aspectos como el planeamiento general, por ejemplo, de nuevas escuelas en zonas con una población claramente en edad escolar, o de nuevas vías de comunicación en un área metropolitana densamente poblada. El componente espacial de esta información es claro, la dimensión geográfica está presente en la mayoría de métodos empleados en los recuentos de población.

El uso del SIG en aplicaciones de tipo censal ha aumentado de manera considerable en muchos países en los últimos años, aunque los estamentos oficiales encargados de estas tareas no describan los procesos que llevan a cabo con estas herramientas, usando la terminología habitual de los SIG (Rhind, 1991). Un claro ejemplo del uso de los SIG en este tipo de aplicaciones es el caso de los Estados Unidos, y en concreto el de la United

States Census Bureau (USCB) Oficina del Censo de los Estados Unidos. Dicha institución utiliza la metodología de los SIG desde hace un buen número de años en los procesos censales que lleva a cabo, por lo que la capacidad de estos sistemas para la gestión de este tipo de datos ha quedado suficientemente comprobada.

De todos modos, todavía está por llegar la difusión de los sistemas a nivel más global en aplicaciones censales. Los métodos empleados continúan siendo, por lo general, tradicionales, aunque la tendencia actual indica que cada vez en mayor número de ocasiones los SIG van introduciéndose en el campo demográfico. La consolidación de los sistemas en uso como los descritos en este apartado seguirá, sin duda, en los próximos años.

8.3.2. Análisis de Mercado

El análisis de mercado es una de las actividades características de la economía en las sociedades capitalistas. Mientras durante los años 50 y 60 el objetivo de estos estudios se enfocaba hacia los análisis de marketing de masas, en el período posterior, entre los años 70 y 80, se produjo un giro importante, y dichos estudios pasaron a abarcar un territorio menor.

Este tipo de análisis necesita disponer de información espacial a un nivel mucho más detallado, que permita a las empresas tener los datos necesarios para localizar y caracterizar la demanda y la competencia existentes (Beaumont, 1991). Éste es el principal motivo por el cual los SIG adquieren un papel relevante en los estudios y análisis de mercado, en aquellos casos en los cuales, por ejemplo, es necesario tener información acerca de localizaciones idóneas donde llevar a cabo la expansión de determinadas actividades comerciales a través de las representaciones cartográficas que brindan los sistemas.

Como ejemplo característico de este tipo de análisis se puede mencionar el estudio llevado a cabo en

la Universidad de Utrecht para la empresa de automóviles Mercedes Benz (Jong, Ritsema y Toppen, 1991). El proyecto en cuestión trataba con mucho detalle un gran volumen de datos cartográficos sobre los Países Bajos. En concreto, se analizaron las localizaciones actuales de los concesionarios de la marca, las localizaciones de los competidores, y, contrastando dichos aspectos con las tendencias de consumo y demanda de la población actual, se realiza una previsión, en el mediano plazo, de la posible evolución de la demanda de vehículos Mercedes Benz, para que la empresa pudiese planificar su extensión en el territorio holandés.

9. Modelos de diseño de un SIG

La tecnología de los SIG, en la mayoría de los casos, se ha desarrollado sin una profundización teórica que sirva de base para su diseño e implementación. Para sacar el mayor provecho de esta técnica es necesario ahondar en ciertos aspectos teóricos y prácticos que los especialistas no deben perder de vista, partiendo de que no se puede confundir el SIG con digitalizar y teclear datos en el computador.

Al iniciar el estudio para diseñar un SIG, debe pensarse que se van a manejar objetos que existen en la realidad, que tienen características diferentes y guardan ciertas relaciones espaciales, las cuales se deben conservar; por lo tanto, no se puede olvidar en ningún caso que se va a desarrollar en el computador un modelo de objetos y relaciones que se encuentran en el mundo real.

Para garantizar que el esquema anterior se pueda obtener, se construye una serie de modelos que permitan manipular los objetos tal como aparecen en la realidad, con esto, se convertirán imágenes de fenómenos reales en introducción a las señales que se manejan en el computador, como datos que harán posible analizar los objetos que ellas representan y extraerles información.

Normalmente se llevan a cabo tres etapas para pasar de la realidad del terreno al nivel de abstracción que se representa en el computador y se maneja en los SIG, y que definen la estructura de los datos, de la cual dependerán los procesos y consultas que se efectuarán en la etapa de producción.

9.1. Modelo conceptual

Se considera que este modelo es la conceptualización de la realidad por medio de la definición de objetos de la superficie de la tierra (entidades) con sus relaciones espaciales y características (atributos) que se representan en un esquema, describiendo esos fenómenos del mundo real. Para

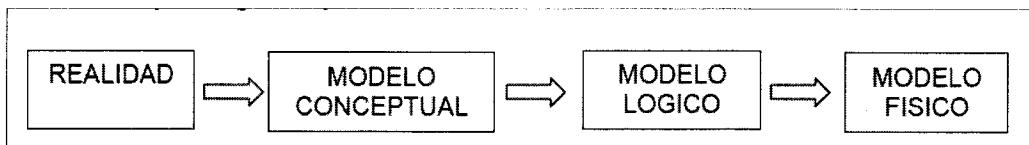


Ilustración 11. Metodología para construir un SIG.

Las etapas representadas en la ilustración 11 corresponden al análisis y diseño de un sistema de información siguiendo el paradigma clásico de la Ingeniería de Software. Con ello se evidencia que la mayor parte de (sino es toda) la fundamentación ingenieril utilizada para el desarrollo de sistemas de información discretos o de negocios se puede aplicar en el desarrollo de un SIG. Inclusive, el paradigma de desarrollo por prototipos que es el más utilizado en el mundo para el desarrollo con tecnologías orientadas a objetos, puede ser una mejor opción para atacar cada uno de estos pasos.

obtener el modelo conceptual, el primer paso es el análisis de la información y los datos que se usan y producen en la empresa que desarrolla el SIG; el siguiente paso es la determinación de las entidades y los atributos con las relaciones que aquéllas guardan, de acuerdo con el flujo de información en los diferentes procesos que se llevan a cabo en la empresa.

La construcción de este modelo es la parte más importante de la metodología: si no es posible encontrar la solución conceptual, entonces no será posible resolver el problema mediante un SIG. (ver cuadro 2)

Cuadro 2

Pasos para Construcción de Modelo Conceptual

a. Identificación del tipo de problema espacial.
b. Identificación y definición de los eventos espaciales primarios y los eventos analíticos
c. Identificación de las características y problemas de información de los eventos primarios y analíticos
d. Identificación y definición de las relaciones espaciales entre eventos primarios y analíticos
e. Definición de procesos (secuencias de relaciones)
f. Especificación y evaluación del modelo conceptual (fórmula, diagrama) de la solución del problema

Los pasos a seguir para construir este modelo son: Explicados en detalle, observamos cada uno de los pasos con sus correspondientes actividades:

1. Identificación del problema:
 - a. Identificación de los componentes del problema
 - b. Discriminación del componente espacial de otros componentes no espaciales
 - c. Definición del tipo de problema espacial (regionalización, creación de escenarios, análisis de redes, combinado)
 - d. Indicación de la extensión del área de estudio (escala)
 - e. Búsqueda y evaluación de soluciones existentes
 - f. Descripción documentada del problema.
2. Identificación y definición de los eventos espaciales primarios y analíticos:
 - a. Identificación de grupos temáticos de eventos
 - b. Caracterización de subgrupos temáticos
 - c. Tipificación de eventos primarios
 - d. Identificación de los eventos analíticos
 - e. Definición de los eventos primarios y analíticos
 - f. Descripción documentada de los grupos, subgrupos y eventos primarios y analíticos.

En todo este proceso se deben incluir sólo aquellos elementos que sean relevantes para la solución del problema.

3. Identificación de las características y problemas de información de los eventos primarios y analíticos:
 - a. Identificación de las escalas de la información para cada evento
 - b. Caracterización de las fuentes de la información para cada evento
 - c. Tipificación de los formatos de la información para cada evento

- d. Detección de los problemas de información (inexistencia, calidad, actualidad, costo, distribución, tiempo de generación, factibilidad técnica, herramientas disponibles)
- e. Descripción de las características y problemas de información de los eventos primarios y de los eventos analíticos.
4. Identificación y definición de las relaciones espaciales entre eventos primarios y analíticos:
 - a. Identificación de los tipos de relaciones espaciales relevantes al problema
 - b. Tipificación y definición de las relaciones espaciales entre pares de eventos primarios, para cada tipo de relación
 - c. Caracterización y definición de relaciones espaciales entre pares de eventos analíticos para todas las relaciones
 - d. Descripción de las relaciones encontradas y sus formas de expresión.
5. Definición de procesos (secuencias de relaciones):
 - a. Identificación de subprocesos principales
 - b. Estructuración de subprocesos en un solo proceso (ligas)
 - c. Establecimiento de la secuencia de operaciones (orden)
 - d. Descripción del proceso completo indicando las dependencias de información en el mismo.
6. Especificación y evaluación del modelo conceptual:
 - a. Especificación del modelo usando un diagrama
 - b. Explicación del modelo usando una fórmula
 - c. Evaluación de la solución ofrecida por el modelo

- d. Documentación de las ventajas y limitaciones de la solución ofrecida por el modelo.

9.2. Modelo lógico

Se puede definir como el diseño detallado de las bases de datos que contendrán la información alfanumérica y los niveles de información gráfica que se capturarán, con los atributos que describen cada entidad, identificadores, conectores, tipo de dato (numérico o carácter) y su longitud; además, se define la geometría (punto, línea o área) de cada una de ellas. Como se trata de manipular en el sistema los elementos del paisaje, se tienen que codificar para poder almacenarlos en el computador y luego manipularlos en forma digital, y, además, darles un símbolo para su representación gráfica en la pantalla o en el papel.

Es en esta etapa cuando se elaboran las estructuras donde se almacenarán todos los datos, tomando como base el modelo conceptual desarrollado antes. Se trata de hacer una descripción detallada de las entidades, los procesos y análisis que se llevarán a cabo, los productos que se espera obtener y la preparación de los menús de consulta para los usuarios.

En esta parte de diseño del SIG se definen los tipos de análisis que se llevarán a cabo más adelante y las consultas que se vayan a realizar, por cuanto de la estructura de las bases de datos (gráficas y alfanuméricas) dependen los resultados obtenidos al final. Es por lo anterior que en esta etapa se hace un diseño detallado de lo que contendrá el SIG y de la presentación que, por lo ge-

neral, tendrán los productos; se definirá los tipos de mapas con sus leyendas, contenido temático y demás, reportes o tablas que se espera satisfagan los principales requerimientos de los clientes. Con esto se agilizará los procesos que envuelvan directamente a los usuarios, ya que la mayoría de sus consultas podrán ser respondidas de inmediato, mientras las no convencionales tomarán un poco más de tiempo.

No todas las posibles consultas estarán resueltas desde este momento, por cuanto muchos clientes tienen requerimientos específicos o particulares que no permiten que todas las preguntas sean "montadas de antemano", sobre todo en casos como el del catastro, donde debido a la gran variedad de información y de usuarios, los requerimientos diarios son muy diversos.

No se trata de desarrollar un SIG cerrado que amarre a la gente a determinadas consultas, sino de ganar en eficiencia para satisfacer mejor y más rápido a los clientes. Una vez definidos los modelos conceptual y lógico, se conoce cuáles mapas se han de digitalizar y qué información alfanumérica debe involucrarse. Tanto el modelo conceptual como el lógico son independientes de los programas y equipos que se vayan a utilizar, y de su correcta concepción depende el éxito del SIG.

Este modelo permite transferir el modelo conceptual a cualquier sistema de información que se vaya a utilizar. Es un modelo de organización y procesamiento de la información. Los pasos a seguir para construirlo son: (Ver Cuadro 3)

Cuadro 3
Pasos para Construcción de Modelo Lógico

a. Definición de estándares de información
b. Diseño de la base de datos (no espacial)
c. Definición de insumos y resultados (mapas, imágenes, bases de datos, gráficas)
d. Definición de operadores para selección y transformación de información, y estimación de relaciones espaciales
e. Definición de la notación a emplear para simbolizar insumos, operaciones y flujo de la información
f. Elaboración del esquema de la secuencia de procesamiento

Desglosaremos los pasos anteriores con sus respectivas actividades:

1. Definición de estándares de información:

- a. Para bases de datos
- b. Cartográficos de proyección
- c. Cartográficos de escala
- d. Cartográficos de exactitud
- e. Cartográficos de precisión

2. Diseño de la base de datos:

- a. Identificación de entidades de base de datos
- b. Definición de la estructura de las tablas
- c. Enunciación de las relaciones entre entidades
- d. Definición de la cardinalidad de las relaciones
- e. Elaboración de los diagramas de entidad-relación
- f. Normalización de las tablas
- g. Elaboración del diccionario de la base de datos

Generalmente ocurre que el proceso de diseño sea iterativo antes de que se obtenga un diseño correcto de la base de datos.

3. Definición de insumos y resultados (mapas, imágenes, bases de datos, gráficas), y definición de insumos:

- a. Cartográficos y de la geometría y estructura de datos en que estos deben existir
- b. De imágenes y de la resolución y número de bandas que deben tener
- c. De bases de datos y de las tablas que debe incluir cada una

Aquí se contempla también la definición de las gráficas y de los datos o funciones que los generan.

4. Definición de operadores para selección y transformación de información, y estimación de relaciones espaciales:

- a. Definición de operadores básicos (aritméticos, lógicos, relacionales, de transformación de datos)
- b. Enunciación de operadores complejos (sobreposición, interpolación, adyacencia, conectividad, etc.)

5. Definición de la notación que se empleará para simbolizar insumos, operaciones y flujo de la información para:

- a. Mapas
- b. Bases de datos
- c. Imágenes
- d. Gráficas
- e. Operaciones
- f. Flujo de información

6. Definición del esquema de la secuencia de procesamiento:

- a. Elaboración del esquema de la secuencia de procesamiento empleando la notación definida

9.3. Modelo físico

Es la implementación de los anteriores modelos en el programa o software seleccionado y los equipos específicos en que se vaya a trabajar, y por esto se realiza de acuerdo con sus propias especificaciones. El modelo físico determina cómo se debe almacenar los datos, cumpliendo con las restricciones y aprovechando las ventajas del sistema específico que se utilizará.

El modelo físico ajusta el modelo lógico a las características de un sistema de información particular, y permite obtener resultados concretos. La solución final a un problema de análisis espacial

puede requerir la revisión de los otros dos modelos, y son precisamente los resultados del modelo físico los que indican si es necesario modificar los modelos anteriores a fin de obtener resultados finales adecuados. Esta etapa requiere de los siguientes pasos: (ver Cuadro 4)

minos de comandos o conjuntos de comandos de los sistemas a emplear

3. Ejecución del modelo físico:
 - a. Ejecución de la secuencia de procesamiento

Cuadro 4
Pasos para Construcción de Modelo Físico

a. Definición de estándares para archivos (formato, nombres, sistema de archivos, meta-datos)
b. Traducción de los operadores del modelo lógico en comandos de las herramientas a utilizar
c. Ejecución del modelo físico
d. Evaluación de los resultados finales

Desglosaremos los pasos anteriores y sus respectivas actividades:

1. Definición de estándares para archivos (formato, nombres, sistema de archivos, meta-datos):
 - a. De convenciones para nombrar archivos
 - b. De la estructura de archivos dentro del sistema de almacenamiento del proyecto
 - c. De los formatos donde se almacenarán los archivos del proyecto, ya sea para su análisis o su transferencia y distribución
 - d. Del formato de archivos de meta-datos que se empleará.
2. Traducción de los operadores del modelo lógico en comandos de las herramientas que se utilizarán:
 - a. Listar todas las herramientas que se utilizarán (SIG, Excel, etc.) y sus características (versión, extensiones, etc.)
 - b. Definir las operaciones que se encuentran en el esquema de la secuencia de procesamiento del modelo lógico en tér-

- b. Verificación de los resultados del paso ejecutado
- c. Detección y documentación de problemas
- d. Corrección de problemas
4. Evaluación de los resultados finales:
 - a. Verificación de la lógica de los resultados finales
 - b. Verificación del grado de error en la posición y contenido de los resultados finales
 - c. Evaluación de los resultados finales en términos de su utilidad como solución del problema
 - d. Revisión de los modelos conceptual, lógico y físico.

9.4. Secuencias de actividades que se realizan en un SIG

De forma práctica, la aplicación metodológica de manejo de información alfanumérica y gráfica en los SIG requiere de los siguientes pasos que permitirán la generación de información procesada:

a. Ingreso

Antes de que los datos geográficos puedan utilizarse en un SIG, deben ser convertidos a un formato digital adecuado. El proceso de convertir datos de mapas analógicos en papel a archivos de computación se llama digitalización.

b. Manipulación

Es probable que los tipos de datos requeridos para un proyecto particular de SIG necesitarán ser transformados o manipulados de alguna forma para hacerlos compatibles al sistema. Por ejemplo, la información geográfica está disponible en diferentes escalas (archivos de ejes de calles pueden estar disponibles a una escala de 1:100.000; códigos postales a 1:10.000, y límites de áreas censales a 1:50.000). Previo a que éstos puedan superponerse e integrarse, deben ser transformados a la misma escala. Esto puede ser una transformación temporaria con objetivos de visualización o una permanente requerida para análisis. Hay muchos otros ejemplos de manipulación de datos que se efectúan rutinariamente en SIG. Éstos incluyen cambios de proyección, agregación de datos y generalización (limpiar de datos innecesarios).

c. Manejo / Administración

Para proyectos menores de SIG, puede ser suficiente almacenar información geográfica como archivos de computación. Se llega a un punto, sin embargo, cuando los volúmenes de datos son grandes y el número de usuarios de éstos se convierte en más que unos pocos, en que es mejor usar un sistema de manejo de bases de datos (SMBD) para ayudar a almacenar, organizar y manejar datos. Un SMBD no es más que un software para manejar una base de datos, es decir, una colección integrada de datos.

Hay muchos diseños de un SMBD, pero en SIG el diseño relacional ha resultado más favorable. En éste, los datos se almacenan conceptualmente como un conjunto de tablas. Se utilizan campos comunes a diferentes tablas para conectarlas. Este

diseño tan sencillo ha sido muy utilizado, sobre todo por su flexibilidad y desarrollo en aplicaciones tanto dentro como fuera de los SIG.

d. Consulta

Una vez que se tiene un SIG en funcionamiento, con toda la información geográfica, pueden realizarse algunas preguntas:

- ¿Dónde se encuentran todos los sitios adecuados para construcción de nuevas casas?
 - ¿Cuál es tipo de suelo dominante para un bosque de determinado tipo?
 - Si se construye una nueva autopista en un determinado lugar, ¿cómo afectará el tránsito?
- Ambas consultas simples y sofisticadas, utilizando más de un nivel de datos, pueden proveer información necesaria tanto a analistas como a administradores por igual.

e. Análisis

Los SIG funcionan en su terreno cuando se utilizan para analizar datos geográficos. Los procesos de análisis geográfico (con frecuencia llamado análisis espacial o geoprocésamiento) utilizan propiedades geográficas de características para buscar patrones y tendencias, y para elaborar escenarios potenciales. Los SIG modernos tienen muchas herramientas analíticas poderosas, pero dos de ellas son especialmente importantes.

Análisis de proximidad

Los SIG se utilizan frecuentemente para contestar preguntas como:

- ¿Cuántas casas se encuentran dentro de los 100 m de esta fuente de agua?
- ¿Cuál es el número total de clientes en un radio de 10 km de este negocio?
- ¿Qué proporción del cultivo de alfalfa está en un radio de 500 m del pozo?

Para contestar tales preguntas, la tecnología de SIG usa un proceso llamado "buffering", con el que se determina la relación de proximidad entre características.

Análisis de superposición

La integración de diferentes niveles de datos implica un proceso de superposición. En su forma más simple, esto podría ser una operación visual, pero operaciones analíticas requieren uno o más niveles de datos para ser unidos físicamente. Esta superposición, o unión espacial, puede integrar datos sobre suelos, pendiente y vegetación, o posesión de tierras con análisis de impuestos.

f. Visualización

Para muchos tipos de operaciones geográficas, el resultado final se visualiza mejor como un mapa o gráfico (ver ilustración 12). Los mapas son muy eficientes para almacenar y comunicar información geográfica. Mientras que los cartógrafos han creado mapas por milenios, los SIG proveen herramientas nuevas y emocionantes para extender el arte y la ciencia de la cartografía.

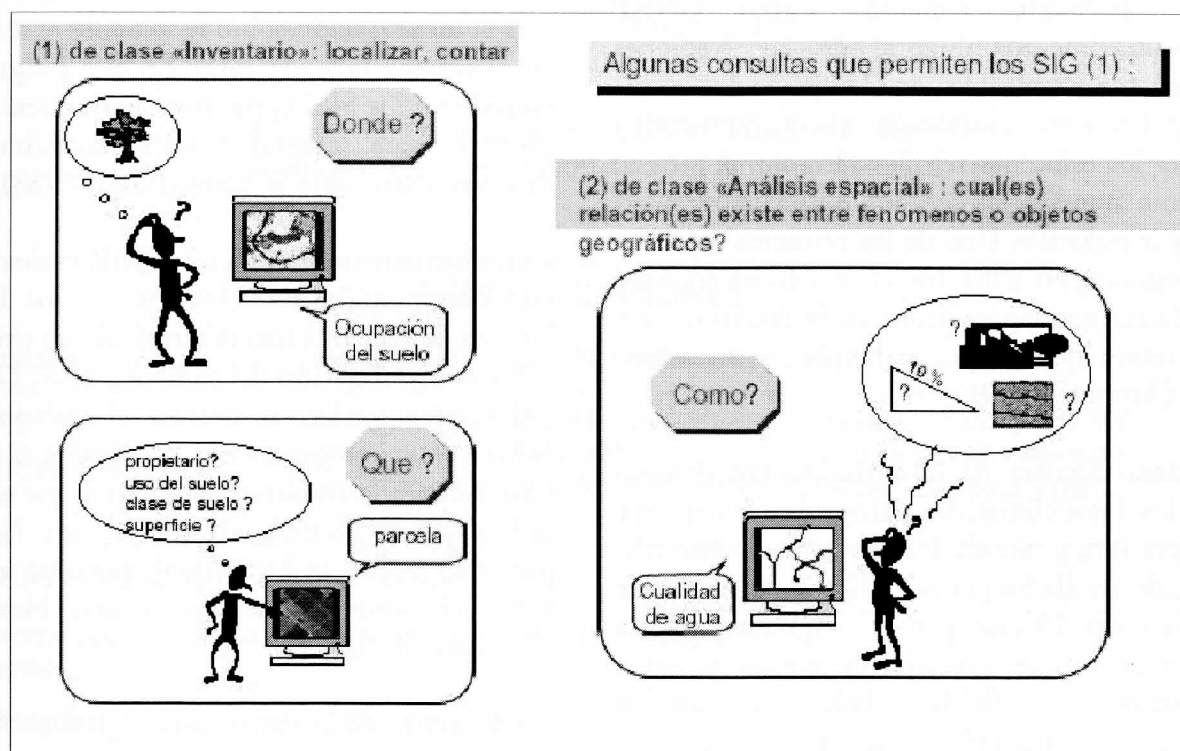


Ilustración 12. Análisis espacial con SIG.

10. Aplicación de herramientas de sistemas de información reflejadas a nivel internacional y nacional

10.1. Antecedentes en base de datos mundiales

Al contrario de lo que habitualmente se supone, existe un buen número de aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica en el estudio a escala global. La característica común a todos es el tipo de cuestiones que abordan: los problemas medioambientales. De todo el conjunto de estos proyectos se pueden destacar algunos ciertamente importantes.

En primer lugar, se encuentra la actividad que realizan las Naciones Unidas. Su programa sobre medio ambiente, conocido como UNEP (Programa medioambiental de las Naciones Unidas), fue establecido con el objetivo de coordinar globalmente evaluación medioambiental y conocer los esfuerzos relacionados con el estudio del clima mundial, los océanos, los recursos renovables y la polución. Uno de los primeros objetivos del programa, en 1983, fue el establecimiento del modelo que seguían los procesos de desertificación y la presión ejercida por el hombre y sus actividades (Aronoff, 1989).

Utilizando fuentes de información tan diversas como los datos climáticos, datos sobre los suelos y la vegetación, y usando los modelos de desertificación desarrollados por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) se produjeron mapas y datos estadísticos que reflejaban dichos procesos, de modo que se podían planificar actuaciones.

En 1985, el programa UNEP puso en funcionamiento el sistema GRID (Base de Datos Global sobre la Información de Recursos), como elemento de recolección, análisis y valoración de datos medioambientales, con el objetivo de crear una red global de datos sobre los recursos naturales y el medio ambiente. Después de una satisfactoria

etapa de prueba que finalizó en 1988, el sistema GRID entró en fase operacional en 1990, con el fin de servir principalmente a los países en vías de desarrollo.

Otro de los programas considerados importantes es el que lleva a cabo desde 1986, el ICSU (Consejo Internacional de Asociaciones Científicas); su objetivo es establecer un programa de 10 a 20 años vista para el control y la investigación de las interacciones existentes en los procesos biológicos y físicos que regulan el sistema global terrestre, los cambios que están ocurriendo en dicho sistema y el efecto que éstos pueden tener sobre el hombre (Clark, Hasting y Kineman, 1991). Para ello, se contempla trabajar sobre aspectos tales como la predicción del cambio global o la investigación sobre fenómenos interactivos en el sistema terrestre total. En este programa se consideran los SIG como unas herramientas muy potentes para integrar y hacer accesibles muy diversos datos sobre la tierra (IGBP, 1988).

Con objetivos similares a los IGBP, varios departamentos estatales del Gobierno de los Estados Unidos de América han desarrollado un programa sobre la investigación del cambio global. De entre todas estas iniciativas destaca el trabajo de la NASA con el programa científico sobre el sistema terrestre; por la amplitud de aspectos que abarca y la labor de la NOAA (Administración Nacional para el Océano y la Atmósfera), que trata aspectos sobre el cambio climático (Clark, Hasting y Kineman, 1991).

En la órbita de la cartografía digital se destaca, como uno de los proyectos más importantes, el conocido como Digital Chart of the World (Burch, 1993). El sistema es una base de datos geográficos mundiales a escala 1:1.000.000, y está constituido por una serie de datos cartográficos, sus atributos descriptivos y unos textos explicativos sobre ambos, producidos por una de las principales empresas del sector SIG, Environment

Systems Research Institute (ESRI), a partir de los datos de base de la United States Defence Mapping Agency.

En la misma línea de la cartografía digital se mencionan también los trabajos de la Asociación Cartografía Internacional y la Unión Geográfica Internacional, con el objetivo de crear una base cartográfica de datos en formato digital para los estudios de carácter global.

La información geográfica constituye, en estos momentos, un punto de referencia difícil de sustituir en lo que se refiere a la gestión y el control de cualquiera de las actividades que hoy en día realiza el hombre sobre su entorno. Del mismo modo, permite disponer de sistemas especialmente concebidos para el tratamiento de toda esa informa-

ción. Los Sistemas de Información Geográfica suponen un notable avance para el creciente número de usuarios, pues les brinda la posibilidad de realizar tareas de gestión y toma de decisiones basadas en esa información territorial de manera rápida y eficaz.

10.2. Antecedentes nacionales

La realización de estudios que apliquen los recursos de Sistemas de Información Geográfica a nivel nacional, ha transcurrido a la par de las circunstancias motivadas por los fenómenos de *riesgos*. En esta parte se pretende reseñar algunos de los ejemplos más relevantes considerados casos de estudios que pueden aportar sobre las posibles aplicaciones de la metodología de Sistemas de Información Geográfica, a nivel nacional, en sus diferentes niveles.

a. Aplicación de herramientas en la elaboración de Mapa de Amenazas Naturales 1:5000-Ciudad Sandino, Estelí, Ocotal*

ESPECIFICACIONES	
TÍTULO	Mapa de Amenazas Naturales a Escala 1:5000
DESCRIPCIÓN	El mapa de amenazas naturales es un mapa temático que indica sobre una base topográfica a escala 1:5000 las áreas y sitios de amenaza sísmica, volcánica, por inestabilidad de ladera y por inundación.
CARACTERÍSTICAS DE LA CARTOGRAFÍA	
Sistema geodésico de referencia	Norteamericano de 1927 (NAD 27)
Elipsoide	Clarke de 1866
Proyección cartográfica	Transversal de Mercator (UTM)
Cartografía básica	Vuelo fotogramétrico a escala 1:5000 Cartografía digital a escala 1:1000 compilada por métodos de restitución fotogramétrica Modelo digital del terreno (MDT)
Precisiones	90% de los puntos planimétricas y altimétricas son \pm a 15 cm. y 25 cm. respectivamente

* Ver mapas en anexo I (página 48)

CARACTERÍSTICAS DE LA HOJA	
Dimensiones	34 x 42 pulgadas, 86.36 x 106.68 cm., aprox. formato US -ANSI E
Contenido	<p>Recuadro de mapa con margen, recuadro de leyenda con informaciones</p> <p>Mapa índice con articulación de la las hojas, símbolos convencionales</p> <p>Organismos encargados, barra de escala, proyección cartográfica</p> <p>Información suplementaria</p> <p>Leyendas</p> <p>Amenaza por inundación, amenaza por inestabilidad de ladera</p> <p>Amenaza sísmica, amenaza volcánica</p>
CONTENIDO DEL MAPA	
Información cartográfica del mapa	<p>Mapa base (topográfico): Red vial, edificaciones, construcciones, hidrografía, elevación, cobertura vegetal, toponimia</p> <p>Contenido temático: Información cartográfica de las amenazas naturales superpuesta</p> <p>Cuadrícula UTM de 1000x1000 m, coordenadas geográficas</p>
Leyenda cartográfica	Símbolos convencionales, esquema con índice de hojas, división política y área de estudio, barra de escala, proyección cartográfica, texto sobre proceso de realización, portada con referencia de la hoja, responsables de ejecución, colaboradores, fecha de edición
Leyenda amenazas:	
Amenaza por inundación	Un recuadro contiene textos, matriz y símbolos de la definición del nivel de amenaza (alto, medio, bajo). El nivel está definido en función del período de retorno y de la intensidad de la inundación.
Amenaza por inestabilidad de ladera	Un recuadro contiene textos y símbolos de la definición del nivel de amenaza (alto, medio, bajo). Descripción de los fenómenos con sus características y tipos de deslizamientos.
Amenaza sísmica	El grado de la amenaza sísmica está explicado por texto.
Amenaza por fallas y paleo calderas	Un recuadro contiene textos y símbolos de la definición del nivel de amenaza (alto, medio, bajo) con sus características.
Amenaza volcánica	El grado de la amenaza volcánica está explicado por texto.
Fenómenos naturales potencialmente peligroso	Definición de los fenómenos por texto y símbolo.

FORMATOS DEL MAPA	
Digital	Archivos digitales en CD-ROM: datos vectoriales en formato ArcView shapefile, modelo digital del terreno (MDT) en formato ARC/INFO-TIN, mapa en archivo MXD (ArcGIS 8.2), mapa en archivo APR (ArcView 3.2), mapa en archivo PDF, mapa en archivo JPG (150 dpi)
Impresión (analógico)	Escala 1 : 5000, mapa de color en papel, dimensión 34x42 pulgadas
INFORMACIÓN DE IDENTIFICACIÓN	
Financiación	Comisión Europea, Proyecto PRRAC/N/SE/01/036
Elaborador	Proyecto de Elaboración de Mapas de Riesgos Naturales en tres zonas de intervención del PRRAC, Managua, Nicaragua
Equipo	<p>Coordinación general: Ulrich Zimmermann (LI)</p> <p>Cartografía, SIG: Klaus Köhnlein (LI), Leonhard Weimper (LI), Darwin Martínez (UGP),</p> <p>Amenaza por inundación: Roberto Kohane (hidráulica) (LI), Stephen Robinson (hidrología) (LI), Miguel Blanco (hidrología) (UGP)</p> <p>Amenazas geológicas: Lutz Dickfeld (LI), Wilfried Strauch (Ineter), Guillermo Chávez (UGP)</p> <p>Amenaza por inestab. de ladera: Graciela Devoli (Ineter), Antonio Álvarez (Ineter)</p> <p>Amenaza sísmica: Carlos Guzmán (Ineter), Eduardo Mayorga (Ineter), Alejandro Morales (Ineter), Virginia Tenorio (Ineter), Manuel Traña (Ineter)</p> <p>Amenaza volcánica: Martha Navarro (Ineter)</p> <p>Ineter: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales; LI: Lahmeyer International GmbH, Bad Vilbel, Alemania; UGP: Unidad de Gestión del Proyecto</p>
SOFTWARE UTILIZADO	ArcGIS 8.2 (ESRI)
FECHA	10 de diciembre de 2002

b. Conjunto de mapas relacionados con el fenómeno del huracán Mitch, en 1999, por el desaparecido Centro para la Integración de Información de Desastres Naturales*

El trabajo es respaldado por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés), creado por una ley aprobada por el Congreso de ese país en 1879, que ha evolucionado en el transcurso de los siguientes 120 años. Hoy, el USGS se destaca como la única agencia científica del Departamento del Interior de EE.UU., y es la agencia de preferencia para obtener información sobre cómo ayudar a solucionar problemas complejos relacionados con los recursos naturales a través de Estados Unidos y alrededor del mundo.

El USGS dirigió US\$14.15 millones para el desarrollo de un programa de actividades en Honduras, Nicaragua, El Salvador y Guatemala, como parte del programa del Gobierno estadounidense, en un esfuerzo diseñado para fortalecer a los países afectados. La información más detallada está disponible en el website del USGS, <http://mitchnts1.cr.usgs.gov/index.html>

En los ejemplos plasmados a continuación, se muestra el conjunto de mapas representativos producto del inventario realizado tras el fenómeno del Mitch, que reflejan su uso mediante el desarrollo de:

a. Mapa base del territorio nacional, mediante el reflejo de su topografía, división administrativa, principales ciudades, ubicación de aeropuertos, en escala original 1:2,000,000.

b. Mapa de seguimiento del recorrido del huracán Mitch por el territorio centroamericano, en escala original 1:3,500,000.

c. Mapa de daño potencial en agricultura por la tormenta originada por el huracán Mitch en el territorio centroamericano.

10.3. Caso de estudio nacional: Municipio de Corn Island

10.3.1. Microlocalización

El municipio de Corn Island está formado por dos islas: Great Corn Island y Little Corn Island, ubicadas en la Región Autónoma Atlántico Sur (RAAS), específicamente en el Mar Caribe.

Great Corn Island está ubicada entre las coordenadas 12° 10' de latitud Norte y 83° 03' longitud Oeste, a unos 83.3 km al este de Bluefields, la ciudad más importante de la Costa Caribe de Nicaragua. Tiene una extensión territorial de 10 km².

Little Corn Island está ubicada entre las coordenadas 12° 18' de latitud Norte y 82° 59' longitud Oeste, al noreste de la isla mayor, tiene una extensión territorial de 2.9 km² localizada a unos 90 km de Bluefields.

10.3.2. Aplicaciones de carácter urbano

Las aplicaciones de carácter urbano en el municipio son incipientes. Actualmente se cuenta con una unidad de catastro que ha realizado levantamientos en el sector occidental de Brig Bay, que corresponde al sector más poblado. Por lo tanto, se carece de información mínima y en proceso de revisión, así como de información dispersa, muy valiosa, pero que no es accesible.

La información recolectada en la isla ha permitido realizar un juego mínimo de mapas, que se referirán a componentes físico-naturales reconocidos, especialmente el referido a los humedales y sus características, así como a las fuentes contaminantes determinadas. También se muestran algunos de los elementos construidos asociados a la arquitectura, destacando los aspectos arquitectónicos de carácter tipológico, con énfasis en las

* Ver mapas en anexo II (página 49-51)

variantes locales, materiales y estado físico de la vivienda.

Una de las primeras actividades realizadas requirió el levantamiento de un total de 31 puntos de referencia o control para verificación y aplicación de instrumentos de posicionamiento global. Este punto reviste vital importancia como aplicación, por la posibilidad de contar con la referencia latitudinal y longitudinal de hitos naturales y urbanos. Estos datos se introdujeron como parte de la base alfanumérica en el software Arc View 3.3., expresado en el formato del cuadro siguiente:

Los 31 puntos levantados incluyen una variedad de hoteles como parte de la infraestructura turística de Great Corn Island, así como puntos considerados relevantes, que incluyen los humedales más representativos de la isla como Rally Peaches y Long Bay. (ver cuadro 5) El cuadro se expresa en coordenadas (x, y) que reflejan la ubicación de los puntos en grados decimales, en una proyección cartográfica NAD27 (Norteamerican Datum de 1927), que es la expresada usualmente en los mapas cartográficos más empleados en Nicaragua.

ESPECIFICACIONES	
TÍTULO	El proyecto “Inventario del Derrumbamiento Huracán Mitch” trazó derrumbamientos activados por el huracán Mitch en 20 cuadrángulos de escala 1:50,000
DESCRIPCIÓN	
CARACTERÍSTICAS DE LA CARTOGRAFÍA	
CARACTERÍSTICAS	<p>El USGS compiló los mapas digitales para Honduras, El Salvador, Guatemala y Nicaragua a las escalas de 1:250,000 y 1:50,000, para un total de 900 hojas. Los mapas estaban digitalmente comprimidos y se compilaron en un solo CD-ROM. Se empleó un conjunto de imágenes de satélite Landsat con una resolución de 15-30 metros de Guatemala, Belice, Honduras y Nicaragua. Se contó con fotografía aérea en alrededor de 28,000 franjas de blanco y negro, colores e infrarrojo en escalas de 1:40,000 a 1:5,000. Esta fotografía es una herramienta importante para el análisis del multiescala y trazado de derrumbes, y modelos de inundación, así también como base para sistemas de información municipales que se desarrollan en los pueblos centroamericanos.</p> <p>Estos productos se usarán como base para la preparación ante desastres y otras aplicaciones. Por ejemplo, la Misión USAID El Salvador está usando estos mapas para evaluar los potenciales sitios de albergue en su programa de reconstrucción de terremoto.</p>

Cuadro 5
Levantamiento de Puntos de Control en Great Corn Island *

No.	PUNTOS	LAT_Y	LONG_X
1	TROPICAL DREAMS	12.170000000000	-83.038972222222
2	SALLY PEACHES	12.179000000000	-83.034833333333
3	LAGUNA DE SALLY PEACHES	12.177527777778	-83.033805555556
4	NORTH SPRING	12.181750000000	-83.038055555556
5	BAYSIDE HOTEL	12.184305555556	-83.042527777778
6	ISLAND SHOP	12.184861111111	-83.046055555556
7	SEVEN DAY CHURCH	12.184250000000	-83.049277777778
8	EBENEZER	12.183472222222	-83.052416666667
9	MIRADOR	12.183194444444	-83.055472222222
10	MINIHOTEL MORGAN	12.181722222222	-83.057777777778
11	PUERTO MUNICIPAL	12.175250000000	-83.064305555556
12	PASENIC	12.172027777778	-83.063472222222
13	HOTEL PARAÍSO	12.167916666667	-83.066722222222
14	HOTEL PRINCESA DEL MAR	12.166833333333	-83.069750000000
15	BASURERO MUNICIPAL	12.169333333333	-83.041250000000
16	CEMENTERIO	12.183083333333	-83.043166666667
17	MINIMARKET	12.165500000000	-83.046250000000
18	LONG BAY_A	12.164972222222	-83.048361111111
19	LONG BAY_B	12.159222222222	-83.053222222222
20	LONG BAY_C	12.156944444444	-83.054027777778
21	LONG BAY_D	12.155388888889	-83.054638888889
22	LONG BAY_E	12.153055555556	-83.055444444444
23	AEROPUERTO	12.170833333333	-83.059527777778
24	CORTE	12.170138888889	-83.058611111111
25	ALCALDÍA	12.169916666667	-83.058250000000
26	ESTADIO	12.169333333333	-83.057611111111
27	BICU	12.168694444444	-83.056694444444
28	HOSPITAL	12.168583333333	-83.054388888889
29	PICNIC CENTER	12.156472222222	-83.065500000000
30	SOUTH BAY	12.151444444444	-83.066833333333
31	CAF	12.160611111111	-83.066694444445

* Ver mapas en anexo III (página 52-61)

10.3.3. Elementos de hidrología superficial

De los componentes de hidrología, la información mostrada a continuación permite caracterizar los humedales, sus funciones y principales afectaciones por acciones antrópicas o por actividades en el manejo de desechos o construcciones.

a. Humedales y lagunas

Se define como humedales las extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas superficiales de orígenes naturales o artificiales, permanentes o temporales, estancados o corrientes, dulces, salobres o salados, incluyendo las extensiones de aguas marinas cuya profundidad de marea baja no excede a seis metros (convención de Ramsar, Irán, 1971).

Una de las principales funciones de los ecosistemas de humedales es el producir una integración entre sus componentes básicos como suelos, agua, animales y plantas, que les permite desempeñar muchas funciones y suministros de productos de gran utilidad a los pobladores del municipio. Entre estas funciones que desempeñan los humedales se reconocen:

- Reposición de aguas subterráneas.
- Depuración de aguas.
- Control de inundaciones.
- Valor cultural.
- Retención y exportación de sedimentos y nutrientes.
- Estabilización de costas y protección contra tormentas.
- Reserva de biodiversidad.
- Recreación y turismo.
- Protección contra la intrusión salina.

Los humedales son zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres, esta definición indica que los pantanos, bosques inundados y pequeñas lagunas, popularmente conocidos en Corn Island como swampos, son diferentes tipos de humedales, así como los arrecifes y pastos marinos existentes alrededor de la isla

(Caracterización y evaluación de los "swampos", humedales de Corn Island Castrillo, Lezama *et al* 2001). El mapa siguiente permite ilustrar los puntos localizados referidos a estos sitios con imágenes específicas (ver mapa de imágenes).

El cuadro 6 elaborado en base a la información proporcionada por el estudio Caracterización y evaluación de los "swampos" humedales de Corn Island (Castrillo, Lezama *et al* 2001), describe los humedales existentes en el municipio, de acuerdo con su clasificación y con el tipo de contaminantes que afectan a cada uno de éstos (ver mapas de humedales y clasificación de Corn Island).

Como resultado del análisis, se corrobora que los humedales más contaminados son: Laguna de Sally Peaches, Woula Point, y el humedal Brig Bay, debido al vertido de desechos orgánicos y químicos provenientes de las procesadoras de productos pesqueros, desechos sólidos y líquidos domiciliarios y turísticos, aceites usados en los automotores y desechos hospitalarios.



Ilustración 13. Foto de humedal en Sally Peaches

Cuadro 6
Humedales de Great Corn Island

NOMBRE	CLASIFICAC	UBICACIÓN	CONTAMINAN	OBSERVACIONES
Sally Peaches	Sistemas lagunares intermitentes abiertos	North End, sector norte.	Deposición de desechos sólidos (orgánicos e inorgánicos), generados por turistas locales.	Es una laguna somera de agua dulce.
Sally Peaches	Sistemas lagunares intermitentes abiertos	North End, sector norte.	Deposición de desechos sólidos (orgánicos e inorgánicos), generados por turistas locales.	Presencia de vegetación herbácea flotante y emergente, de vegetación arbórea característica de playa.
Content Point	Manglares	Sector noreste	Deposición de desechos orgánicos.	Dominado por vegetación de la especie <i>Laguncularia racemosa</i> .
Woula Point	Sistemas lagunares intermitentes abiertos	Sector suroeste	Presencia cercana de basureros clandestinos.	Laguna costera con dominancia de mangle blanco.
Long Bay	Manglares	Sector este	Deposición de desechos orgánicos e inorgánicos	Presencia de especies arbóreas, arbustivas y vegetación diversa.
Brig Bay	Manglares	Sector Oeste, frente al malecón	Deposición de materia orgánica.	Hábitat de grandes cantidades de cangrejos y sus depredadores.
Brig Bay	Manglares	Sector Oeste, frente al malecón	Carga de nutrientes y bacterias provenientes de las habitaciones y/o casas ubicadas en su	Poco afectado por el huracán Juana.
Jackson	Manglares y bosques inundados dulce-acuicola	Sector Noroeste frente al hotel Beach View	Vertedero de aguas residuales provenientes de los pozos y/o pilas sépticas y sumideros.	Presencia de especies arbóreas, arbustivas y variedad de vegetación. Principalmente de árboles de <i>pterocarpus officinale</i> (sangre
Rockin Chair	Bosques inundados dulce acuicola.	Sector Sur	Deposición de desechos orgánicos e inorgánicos.	Presencia de árboles de sangre grado y matas de <i>Achrachium aureum</i> en su periferia.
Oil factory	Bosques inundados dulce acuicola.	Sector Norte.	Deposición de desechos orgánicos e inorgánicos.	Presenta períodos de inundación prolongados.
Oil factory	Bosques inundados dulce acuicola.	Sector Norte.	Deposición de desechos orgánicos e inorgánicos.	Presenta períodos de inundación prolongados.
Oil factory	Bosques inundados dulce acuicola.	Sector Norte.	Deposición de desechos orgánicos e inorgánicos.	Presenta períodos de inundación prolongados.
Queen Hill	Pantano Dulce-acuicola dominado por vegetación herbácea	Sector Suroeste	Deposición de desechos orgánicos e inorgánicos.	Formado por escorrentías que bajan de altas pendientes.

Fuente: "Plan de Acción ambiental para el municipio de Corn Island". 2001

10.3.4. Población

En el municipio de Corn Island se pueden identificar la mayor parte de las dinámicas sociodemográficas y culturales que hoy caracterizan a la costa caribe nicaragüense: alta movilidad poblacional e inmigraciones que tienden a un patrón definitivo de residencia en las islas; cambios sustantivos en la composición étnica de los habitantes y por consecuencia, de sus propias culturas originarias; degradación de los recursos naturales por el

asentamiento irregular de población y no planificado en zonas vulnerables, desde el punto de vista ecológico; índices crecientes de delincuencia causados por el aumento del uso y abuso del consumo y tráfico de drogas; aumento de la pobreza y conflictos por el uso de la tierra (Lacayo, González *et. al* 1,999).

• Población actual

La información oficial más actualizada con que se cuenta, en cuanto a materia poblacional, es el

censo de 1999 realizado por el Ministerio de Salud (Minsa) local; estos datos se reflejan en cuadro 7.

Cuadro 7
Clasificación por Sexo y Edades de Great Corn Island

NOMBRE	F	M	0-29_D	1-11M	1-4_A	5-14A	15-34A	35-49A	50-64A	65_A_MAS
La Loma	160	155	0	11	30	80	83	55	30	26
South End	390	402	2	14	68	198	265	140	59	46
Sally Peaches	243	452	5	8	45	10	153	120	42	22
North End	347	325	1	13	57	165	228	126	54	28
Brig Bay	2074	1847	34	130	479	988	1272	652	346	220

Fuente: "Plan de Acción ambiental para el municipio de Corn Island". 2001

Se detalla la cantidad de habitantes por cada sector según edades y sexo (ver mapa de clasificación de edades y distribución por sexo). Esto refleja que el barrio Brig Bay concentra el 56% de la población municipal localizada en Great Corn Island, con un total de 3,921 habitantes. Se destaca la población joven, ya que el 59% de sus habitantes tiene entre 5 y 34 años.

10.3.5. División Sectorial

El municipio de Corn Island está conformado por un sistema de asentamiento 100% urbano, lo cual obedece a una división conformada por seis sectores o barrios (ver mapa de división barrial), que se expresan en el cuadro 8.

10.3.6. Vivienda

Déficit de vivienda

El municipio de Corn Island cuenta con 1,279 viviendas, para un total de 1,430 familias, según el censo Minsa local 1999, lo que indica un déficit de 151 viviendas, representando el 10.5% del total actual.

El déficit de vivienda es relativamente bajo en comparación con otros municipios del país. El sector de Brig Bay es el que presenta mayor déficit con 87 viviendas, lo contrario al sector de la Islita, donde el déficit es de ocho casas. (Ver Cuadro 9)

Cuadro 8
División Sectorial

SECTOR / BARRIO	UBICACIÓN	OBSERVACIONES
La Loma	Área Sureste Great Corn Island	<ul style="list-style-type: none"> Ubicado a orillas de la vía secundaria. Expansión restringida por la elevación Little Hill, área de playa, humedal y promontorio Rocking Chair.
South End	Área Este Great Corn Island	<ul style="list-style-type: none"> Población concentrada a orillas de la vía principal. Expansión restringida por parte de la elevación Queen Hill, humedales, lagunas y área de costa.
Sally Peaches	Área Norte Great Corn Island	<ul style="list-style-type: none"> Población concentrada a orillas de la vía principal. Expansión restringida por parte de la elevación Queen Hill, área de costa y humedales/laguna.
North End	Área Noroeste Great Corn Island	<ul style="list-style-type: none"> Población concentrada Expansión restringida por parte de la elevación Queen Hill y área de costa.
Brig Bay	Área Oeste Great Corn Island	<ul style="list-style-type: none"> Población dispersa Expansión restringida por la pista aérea, numerosos humedales, área de costa. Mayor concentración poblacional, de equipamiento y servicios.
La Islita	Little Corn Island	<ul style="list-style-type: none"> Población concentrada en el sector suroeste a orillas del andén peatonal.

Elaboración: Arq. Esp. Claudia Cecilia Acuña Roque.

Cuadro 9
Déficit actual de vivienda

SECTOR / BARRIO	No. DE VIVIENDAS	No. DE FAMILIAS	DÉFICIT DE VIVIENDAS
Lomas	55	65	10
South End	168	188	20
Sally Peaches	104	115	11
North End	121	136	15
Brig Bay	721	808	87
La Islita	110	118	8
Total	1279	1430	151

Elaboración: Equipo de planificadores ambientales Arq. Esp. Claudia Acuña Roque y Marlene Méndez López

10.3.7. Morfología urbana

La configuración de la trama urbana de Corn Island es diferente del esquema tradicional de plaza central con avenidas y calles principales; tanto la Isla Grande como la Islita no cuentan con un área central, ya que su expansión está limitada por las condiciones topográficas y naturales de la zona. Su trama urbana se va adaptando a las condiciones naturales que se presentan: humedales, elevaciones y costas, entre otros. De ahí se origina su conformación urbana de forma totalmente irregular y desordenada, esto último complementado con la gran corriente migratoria que en los últimos tiempos ha recibido la isla.

No se logra clasificar en el municipio un tipo determinado de cuadrícula, ya que las dimensiones y formas de manzanas y lotes se presentan de manera variada e irregular. El municipio no cuenta con sistema de lotificación, pero actualmente la oficina de Catastro de la Alcaldía de Corn Island en coordinación con el programa NEWS e Inifom, está lotificando, con el fin de disponer de un registro de lotes y manzanas en la isla grande.

En Corn Island, la mayor parte de edificaciones se concentra en el sector occidental, debido a que ésta es la zona más plana. La isla está circundada por una vía principal que corre paralela y muy próxima a las costas del mar, a orillas de la cual se

asienta la mayoría de la población (Brig Bay y South End).

En la Islita, la mayor parte de edificaciones se concentra a orillas del andén peatonal ubicado en el extremo suroeste de la misma, el resto de las edificaciones se localizan de manera dispersa y aislada.

10.3.8. Tipología arquitectónica

Se considera de gran importancia enfatizar en este aspecto, ya que en la isla se observan aún edificaciones con características muy singulares y representativas de la zona del Atlántico de Nicaragua, que resultan de gran atractivo para turistas nacionales y extranjeros, lo cual representa uno de los grandes potenciales que Corn Island puede ofrecer a sus visitantes.

Predominan en la isla cuatro tipos de arquitectura:

- a. Tradicional
- b. Tradicional modificada
- c. Adquirida
- d. Ripios

A través del cuadro 10 se define el tipo de arquitectura así como el estado físico de las viviendas por cada sector (ver mapas de tipología, cantidad, estado físico y déficit de viviendas por barrio).

Cuadro 10
Número, Déficit, Tipología y Estado Físico de Viviendas de
Great Corn Island

NOMBRE	VIVIENDAS	DÉFICIT_DE	_LETRINAS	TIPOLOGIA_	ESTADO_FIS
La Loma	55	10	18	Adquirida	Bueno
South End	168	20	125	Adquirida y ripios	Regular, Malo
Sally Peaches	104	11	49	Tradicional, Modificada y Adquirida	Bueno
North End	121	15	22	Tradicional, Modificada Y Adquirida	Regular
Brig Bay	721	87	311	Adquirida, Tradicional y Ripios	Regular, Malo

Fuente: "Plan de Acción ambiental para el municipio de Corn Island". 2001



Ilustración 14. Tipología arquitectura tradicional.



Ilustración 15. Tipología arquitectónica tradicional modificada.



Ilustración 16. Tipología arquitectónica adquirida

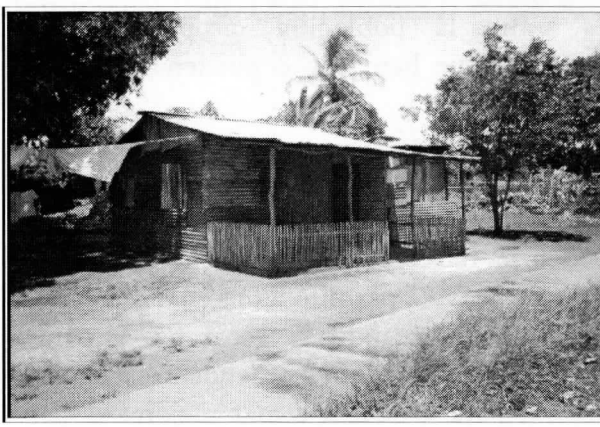


Ilustración 17. Vivienda construida con ripios

El tipo de arquitectura predominante en la isla es la tradicional modificada, en regular estado. Este predominio se debe a que la mayoría de viviendas mantiene la tipología tradicional, pero modificándola a través del automantenimiento para conservarla en aceptable estado. El caso contrario ocurre con las viviendas pertenecientes a pobladores de escasos recursos. Algunas veces éstas se asientan en las zonas no aptas para habitar, como en los retiros de costas, y es frecuente la utilización de arena de mar para la construcción de bloques de mala calidad, que generan viviendas inseguras (ver fotografías en la página siguiente).

Las viviendas en mal estado están localizadas en las zonas de alta concentración poblacional, construidas con ripios y materiales no apropiados.

11. Conclusiones

Si se toma un momento para pensar sobre algunos de los temas más importantes que el mundo enfrenta actualmente contaminación, superpoblación, desastres naturales y demás, cada uno de ellos tiene una dimensión geográfica crítica.

Cuando se considera el impacto de un desastre, tal como un terremoto, necesita analizarse información geológica y sísmica, y luego relacionarse con detalles sobre la población, propiedades e infraestructura que han sido o pueden ser afectadas.

La solución a muchos problemas frecuentemente requiere acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionados por la geografía. Sólo la tecnología de SIG permite almacenar y manipular información usando la geografía, y para analizar patrones, relaciones y tendencias en la información, para ayudar a tomar mejores decisiones.

● Los SIG en la toma de decisiones

Una de las razones del empleo de los SIG es proporcionar soporte para la toma de decisiones. En este sentido, los SIG pueden ser empleados para ayudar en las decisiones acerca de:

1. La implantación de políticas territoriales (creación de escenarios derivados de tales políticas).
2. La asignación de recursos territoriales (selección de alternativas de ocupación óptima del territorio).

Utilidad de los SIG en la toma de decisiones

1. Inteligencia. Adquisición, integración y almacenamiento de la información necesaria. Análisis espacial para obtención de información de alto nivel. Caracterización de los eventos espaciales involucrados en la toma de decisiones.
2. Diseño. Organización de la información de acuerdo con las soluciones posibles. Aplicación de operaciones de los SIG para derivar alternativas de acuerdo con las reglas de decisión especificadas
3. Selección. Incorporación de preferencias o juicios de los tomadores de decisión en la evaluación de las alternativas y presentación cartográfica de los resultados, mediante integración de métodos de análisis multicriterio.

La aseveración: "Mejor información lleva a mejores decisiones", es verdad para un SIG como es para otros sistemas de información. Un SIG, sin embargo, no es un sistema automático de toma de decisiones, pero es una herramienta para consultar,

analizar y mapear datos como soporte del proceso de toma de decisiones. La tecnología SIG ha sido usada para asistir en tareas como presentar información en encuestas de planeamiento, ayudar a resolver disputas territoriales y ubicar pilones con el fin de minimizar intrusión visual.

El SIG puede usarse para ayudar a llegar a una decisión sobre la ubicación de nuevas viviendas, que tiene un impacto ambiental mínimo: en un área de bajo riesgo y cerca de un centro urbano.

La información puede presentarse sucinta y claramente en la forma de un mapa e informe respectivo, permitiendo a los tomadores de decisiones enfocarse en los temas reales más que en tratar de entender los datos. Dado que los productos de SIG pueden producirse rápidamente, pueden aplicarse en múltiples escenarios, eficiente y efectivamente.

12. Agradecimientos

Especial agradecimiento al Fondo de Investigación de la Universidad Centroamericana (FIUCA) por su financiamiento y publicación de este cuaderno de investigación.

Es de reconocer también el apoyo por el suministro de información de parte del Programa RAAN-ASDI-RAAS, la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional ASDI, el Programa de Estudios Ambientales Urbano Territoriales (PEAUT), el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), además la colaboración de la Alcaldía de Corn Island y en particular a Claudia Acuña y Marlene Méndez.

13. Bibliografía

- ACUÑA, C. *et al.*, (2001). Plan de acción ambiental para el municipio de Corn Island.. Managua, Nicaragua. 1era edición.
- MARTÍNEZ, D. (2002) "Introducción a los Sistemas de Información Geográficos ". Managua, Nicaragua. 1era edición.
- AUTODESK. Solución SIG y publicación en el WEB (en línea). España. Enero 2003 (citado 02 de marzo 2004). Disponible en World Wide Web: <http://www.autodesk.es/adsk/servlet/home?siteID=455755&cid=458320>
- ESRI. Programas, manuales y mapas de SIG (en línea). California, Estados Unidos. Febrero 2003 (citado 06 de abril 2004). Disponible en World Wide Web: <http://www.esri.com>
- GEOTECNOLOGIAS S.A. Manuales de Arcview 3.2 (en línea). San José, Costa Rica. Marzo 2003 (citado 04 de mayo 2004). Disponible en World Wide Web: <http://www.geotecnologias.com/>
- GEOINFORMACION. Revista sobre tecnologías y sistemas de información espacial integrada (en línea). Editorial Terra. Buenos Aires, Argentina. Marzo 2003 (citado 05 de mayo 2004). Disponible en World Wide Web: <http://www.geoinformacion.com/documentos/index.html>

14. Anexos

Anexo I

Mapas de amenazas naturales 1:5000 - Ciudad Sandino - Estelí - Ocotal.

Anexo II

Conjunto de mapas relacionados con el fenómeno del huracán Mitch (1999).

Anexo III

Mapas del caso de estudio. Municipio de Corn Island.

Anexo IV

Mapas ambientales mineros de Honduras (2004)

Los mapas ambientales mineros de Honduras muestran las concesiones mineras en su etapa de exploración para 2004, sin caducidad o renuncia con su respectivo registro minero, interactuando con las variables climáticas y posiciones con respecto a las cuencas hidrográficas del país. No se toma en cuenta las zonas de vida y áreas protegidas ni los poblados cercanos a ellas, ya que el Departamento del Ambiente, genera de forma específica para cada concesión estos mapas en sus inspecciones para verificar la memoria técnica, la declaración anual consolidada (DAC) o renuncia de la misma.

Los mapas para las concesiones mineras en su etapa de explotación son más específicos: presentan su ubicación geográfica, poblados cercanos, instalaciones mineras, suelo, geología del lugar, zonas de vida, áreas protegidas y bosques. Además, se presenta en ellos la ubicación de los monitoreos

ambientales que se realizan con variables climáticas, hidrográficas y acuíferos.

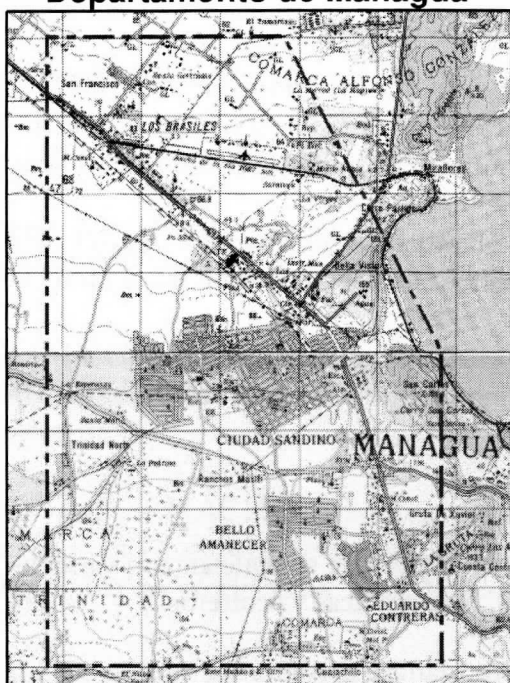
Este manual presenta un resumen de la historia minera del país, conceptos mineros generales en sus diferentes etapas, que sirvan de base para entender el proceso de la industria minera para una claridad en la posterior interpretación de los mapas generados, y, por último, el diseño de las bases de datos con las que se crearon los shapefile que se utilizaron en el programa de ARC VIEW versión 3.2 en el Sistema de Información Geográfica (SIG), recopiladas del Departamento del Ambiente, Catastro Minero, Registro Minero y el Laboratorio de la Dirección Ejecutiva de Fomento de la Minería (DEFOMIN), más el uso de capas de información proporcionadas por el Instituto Nacional Geográfico ING, el Proyecto de Administración de Áreas Rurales PAAR, y el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT.

Anexo I

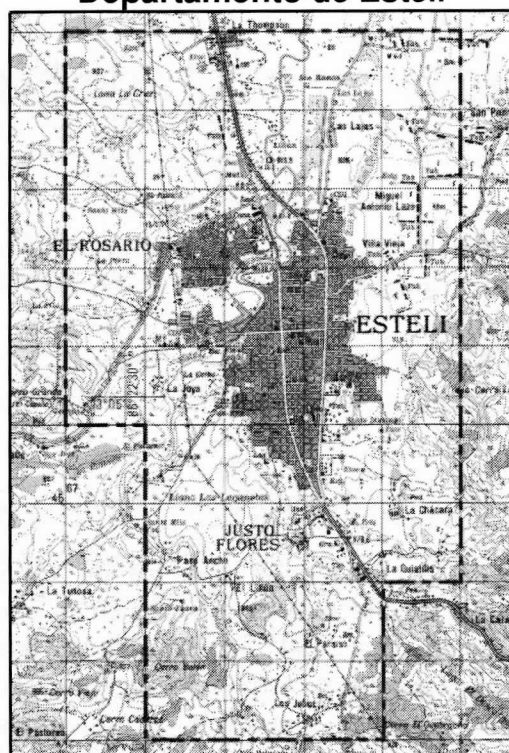
ÁREAS DE ESTUDIO

REPÚBLICA DE NICARAGUA

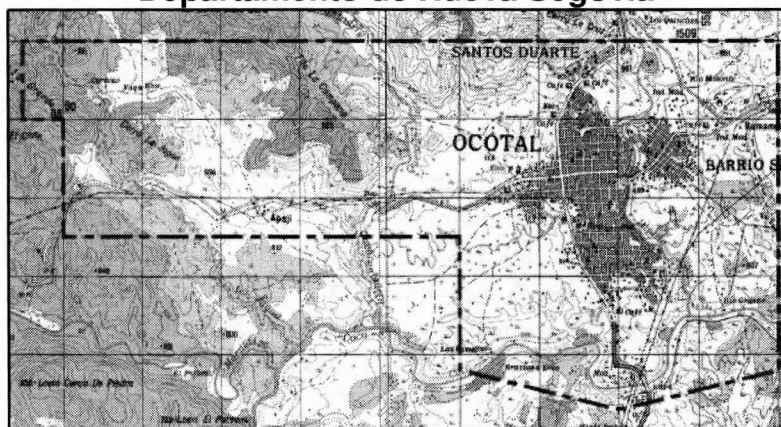
CIUDAD SANDINO
Departamento de Managua



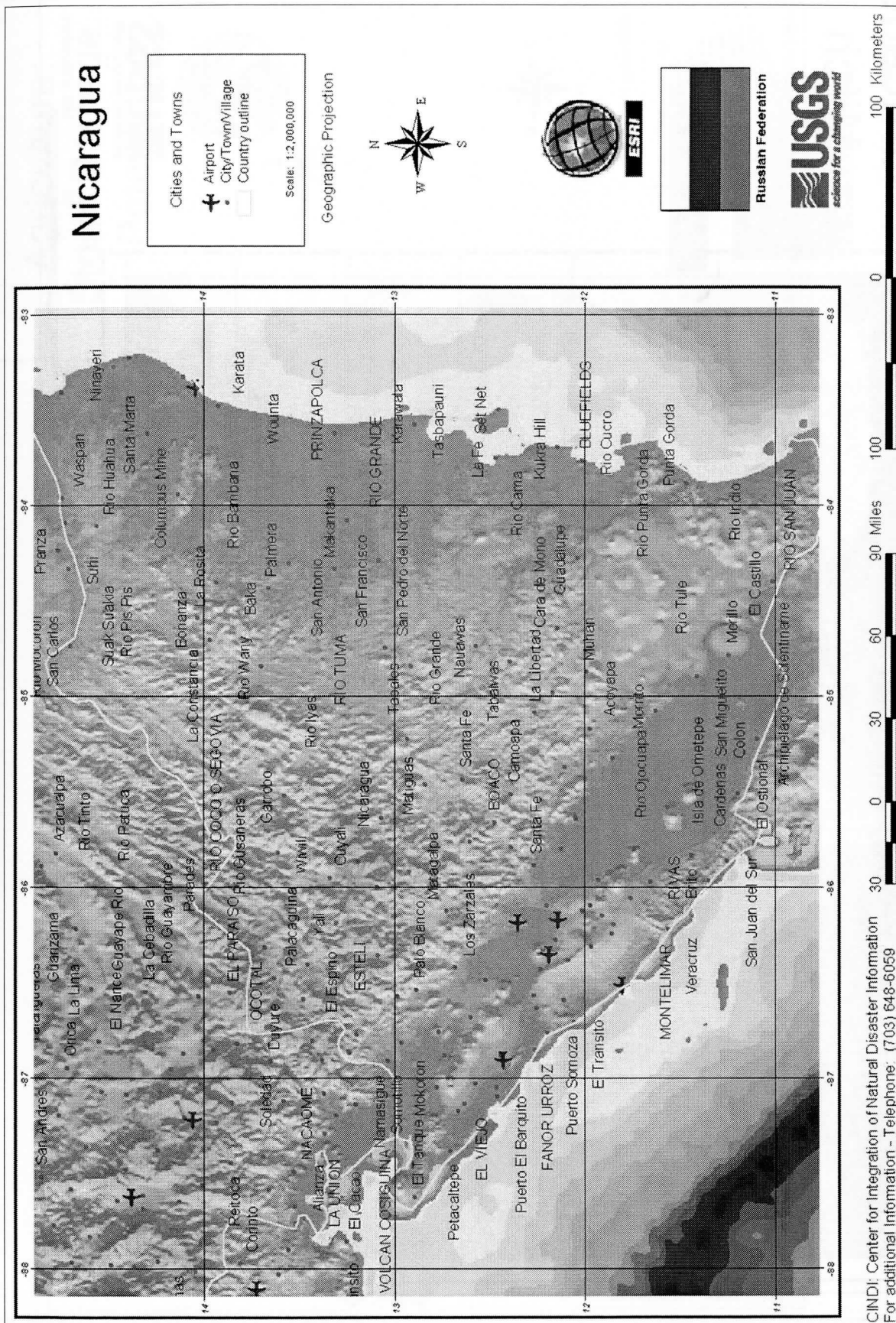
ESTELÍ
Departamento de Estelí



OCOTAL
Departamento de Nueva Segovia



Las áreas de estudio están indicadas con línea roja .



Hurricane Mitch

Track of Hurricane Mitch

- Same position every 3 hours
- Sustained winds > 155 mph
- Sustained winds 131-155 mph
- Sustained winds 107-130 mph
- Sustained winds 74-95 mph
- Sustained winds 49-73 mph
- Sustained winds < 49 mph
- Peak of Hurricane Mitch
- County outline

Scale: 1:3,500,000

Geographic Projection



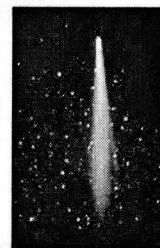
180 Kilometers

160 Miles

80

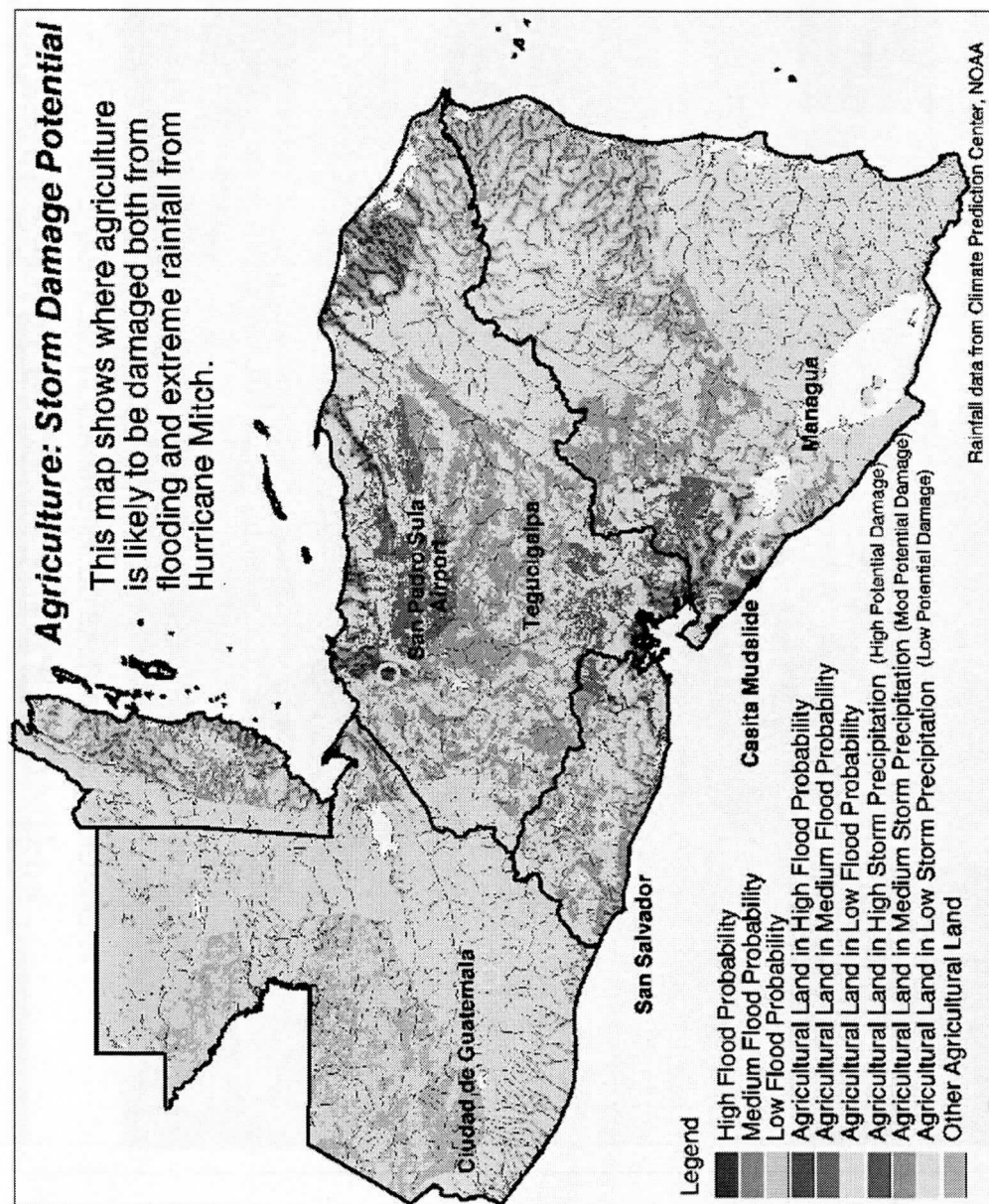
CINDI: Center for Integration of Natural Disaster Information 80
For additional information - Telephone: (703) 648-6059

Agriculture: Storm Damage Potential

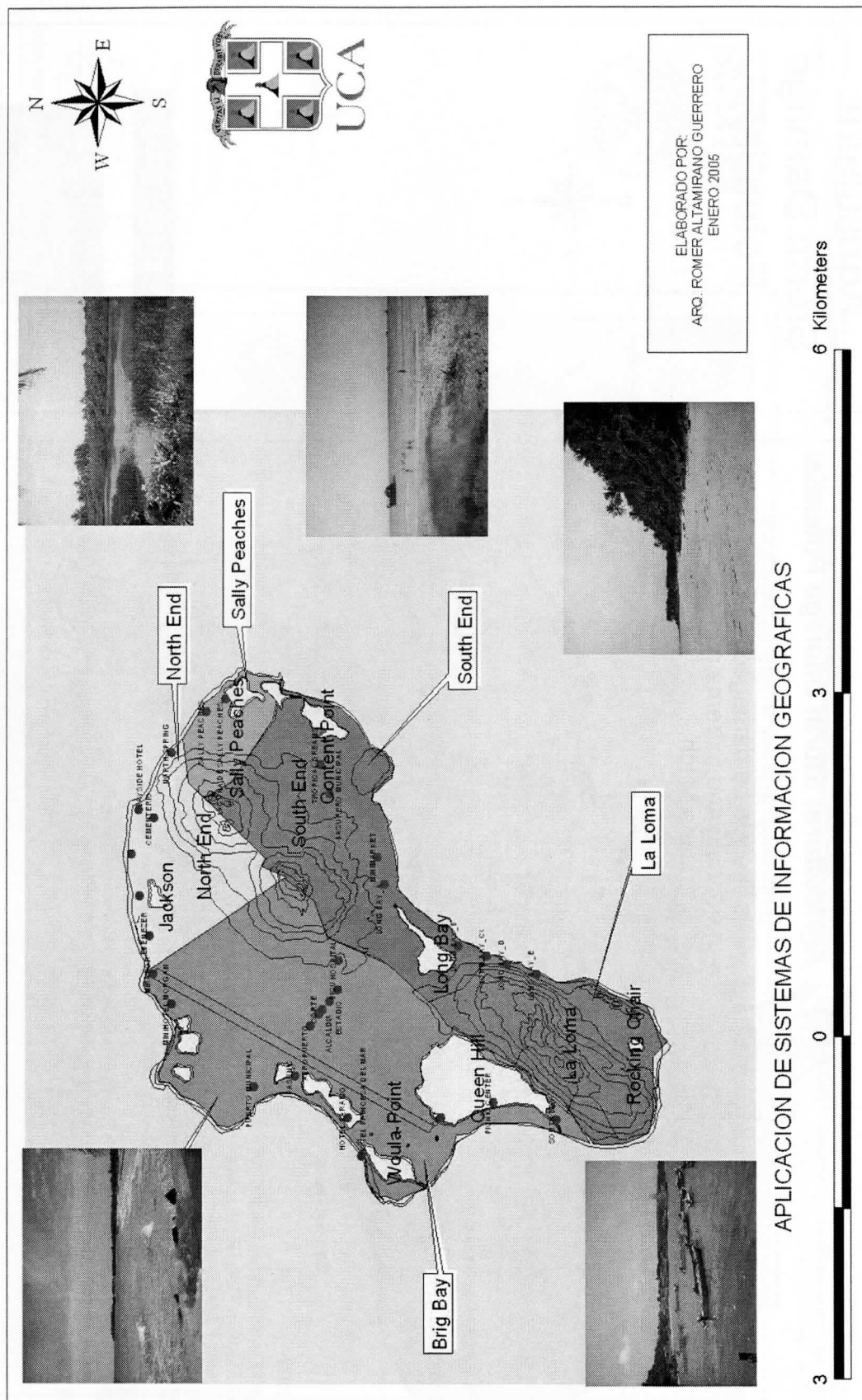


Agriculture: Storm Damage Potential

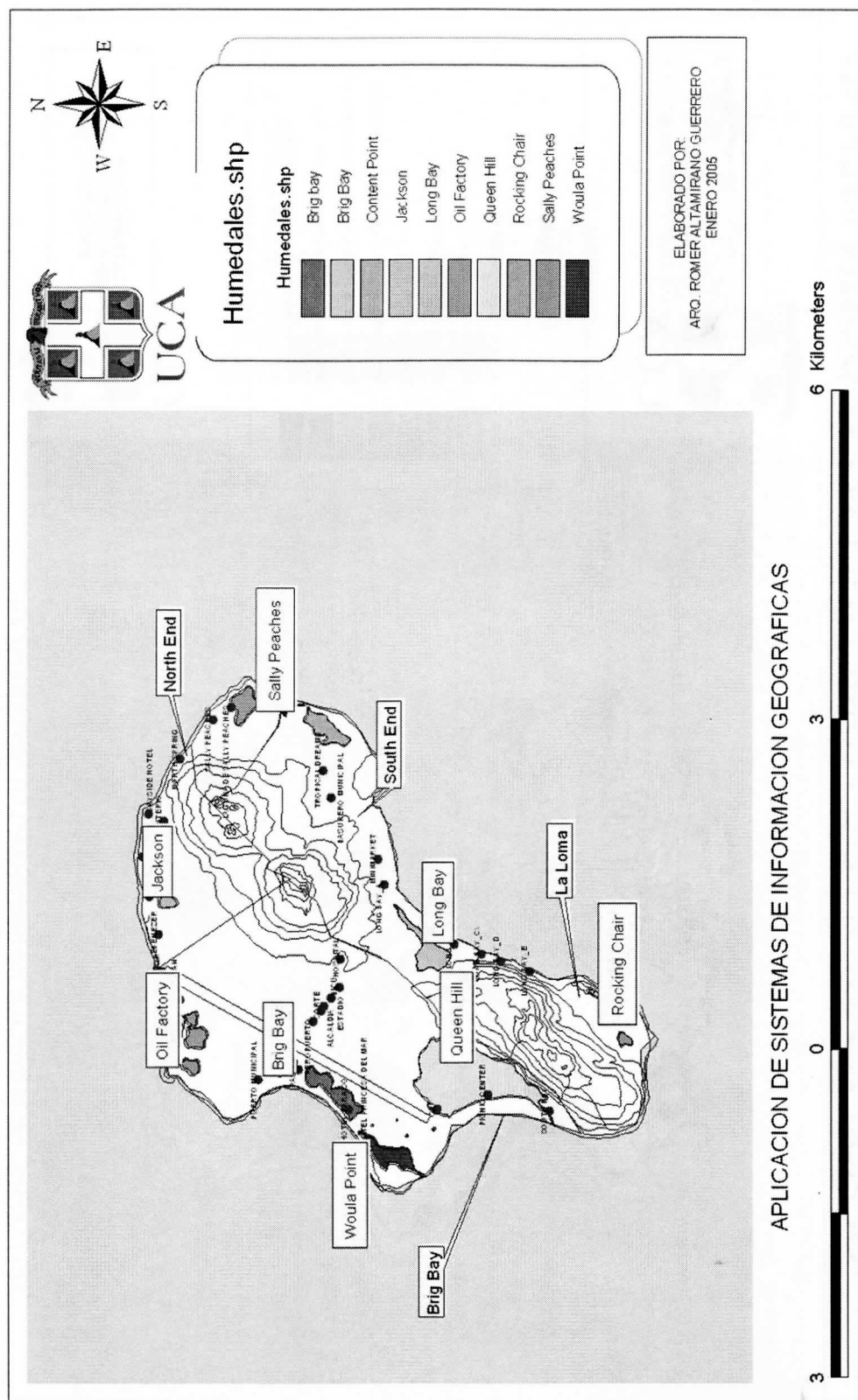
This map shows where agriculture is likely to be damaged both from flooding and extreme rainfall from Hurricane Mitch.



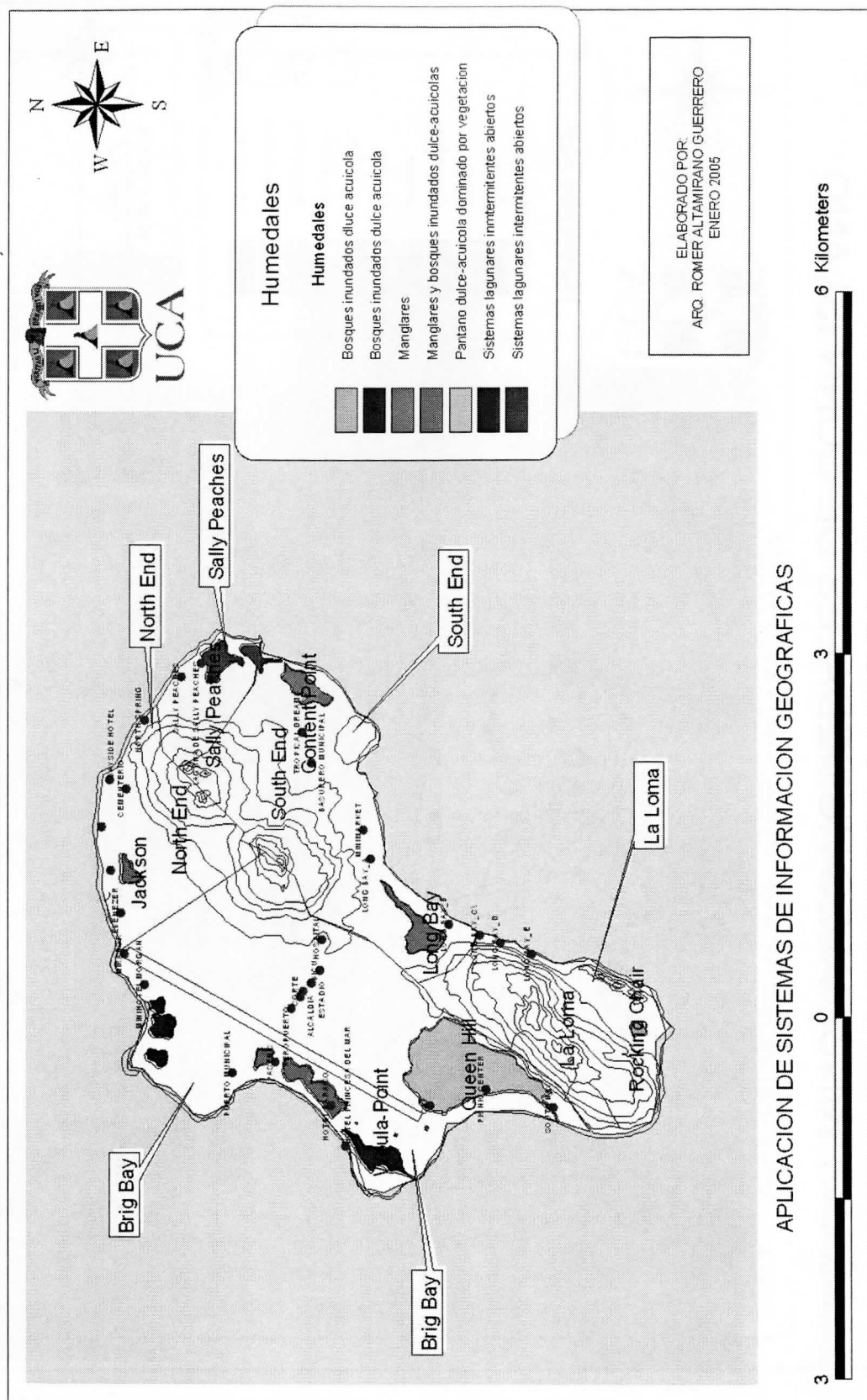
IMAGENES DE CORN ISLAND



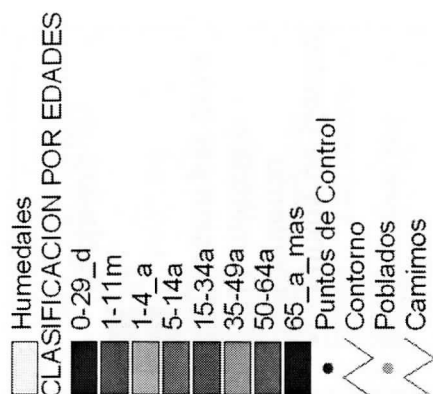
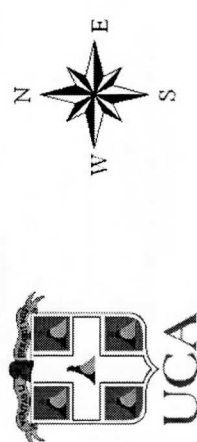
PRINCIPALES HUMEDALES DE CORN ISLAND



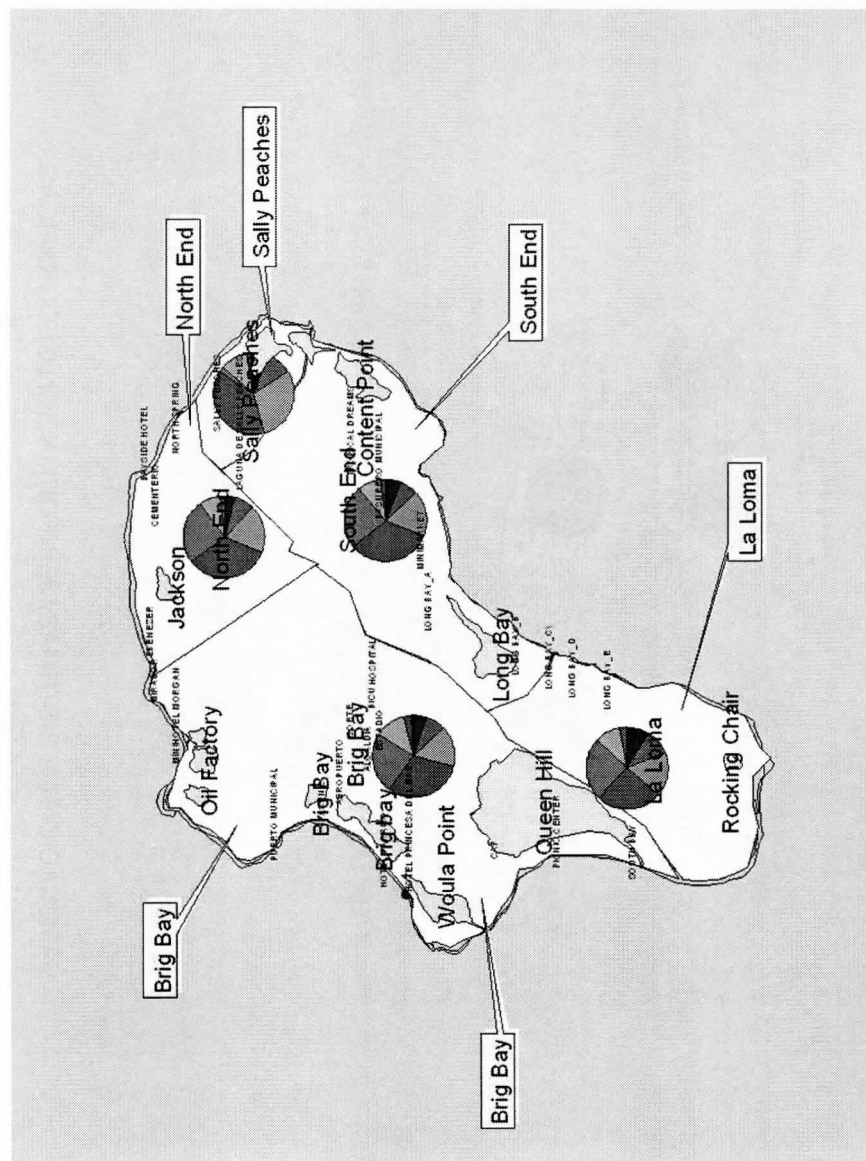
CLASIFICACION DE HUMEDALES EN CORN ISLAND



CLASIFICACION DE EDADES EN CORN ISLAND



ELABORADO POR:
ARQ. ROMER ALTAMIRANO GUERRERO
ENERO 2005



APLICACION DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICAS

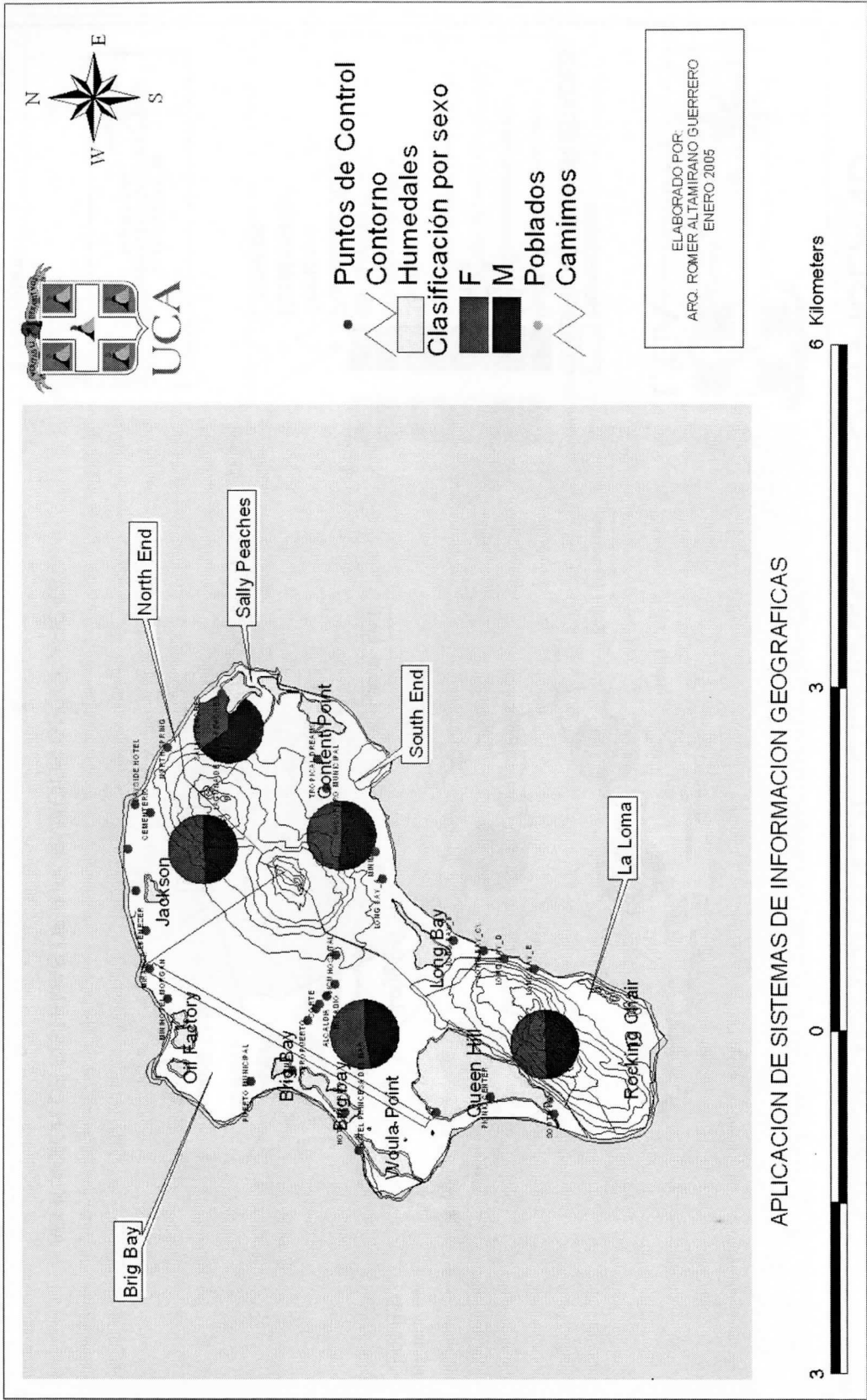
6 Kilometers

3

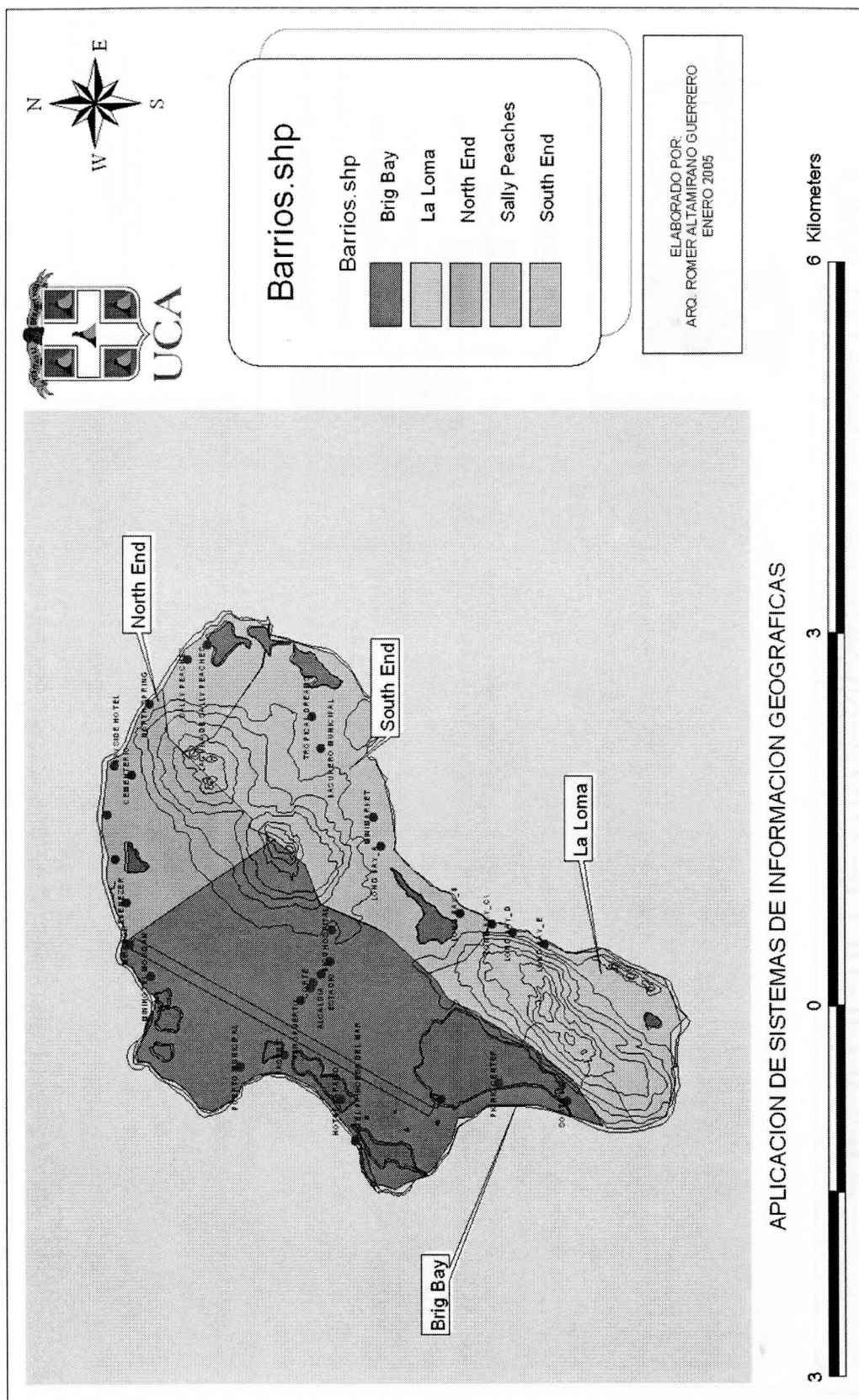
0

3

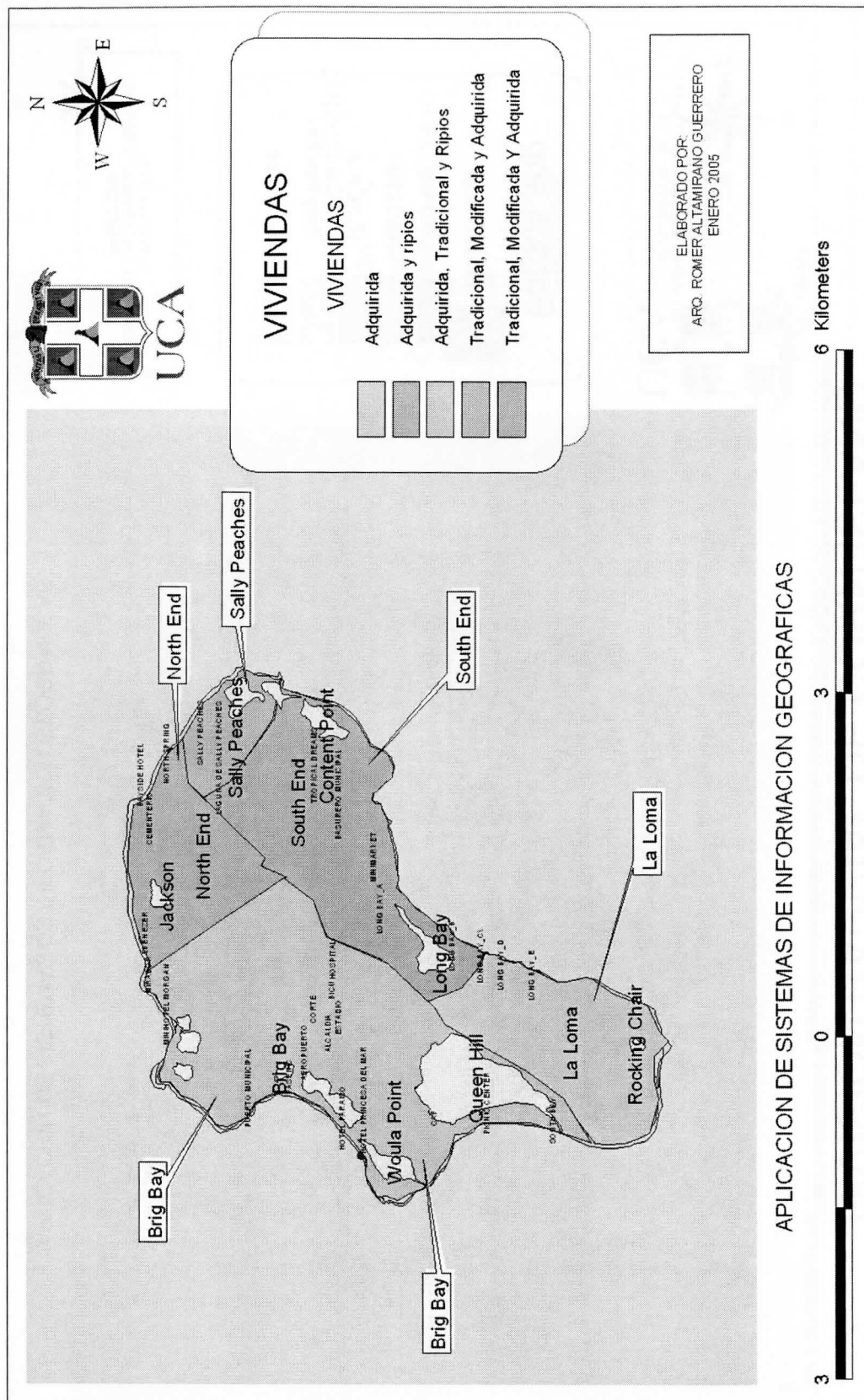
DISTRIBUCION POR SEXO EN CORN ISLAND



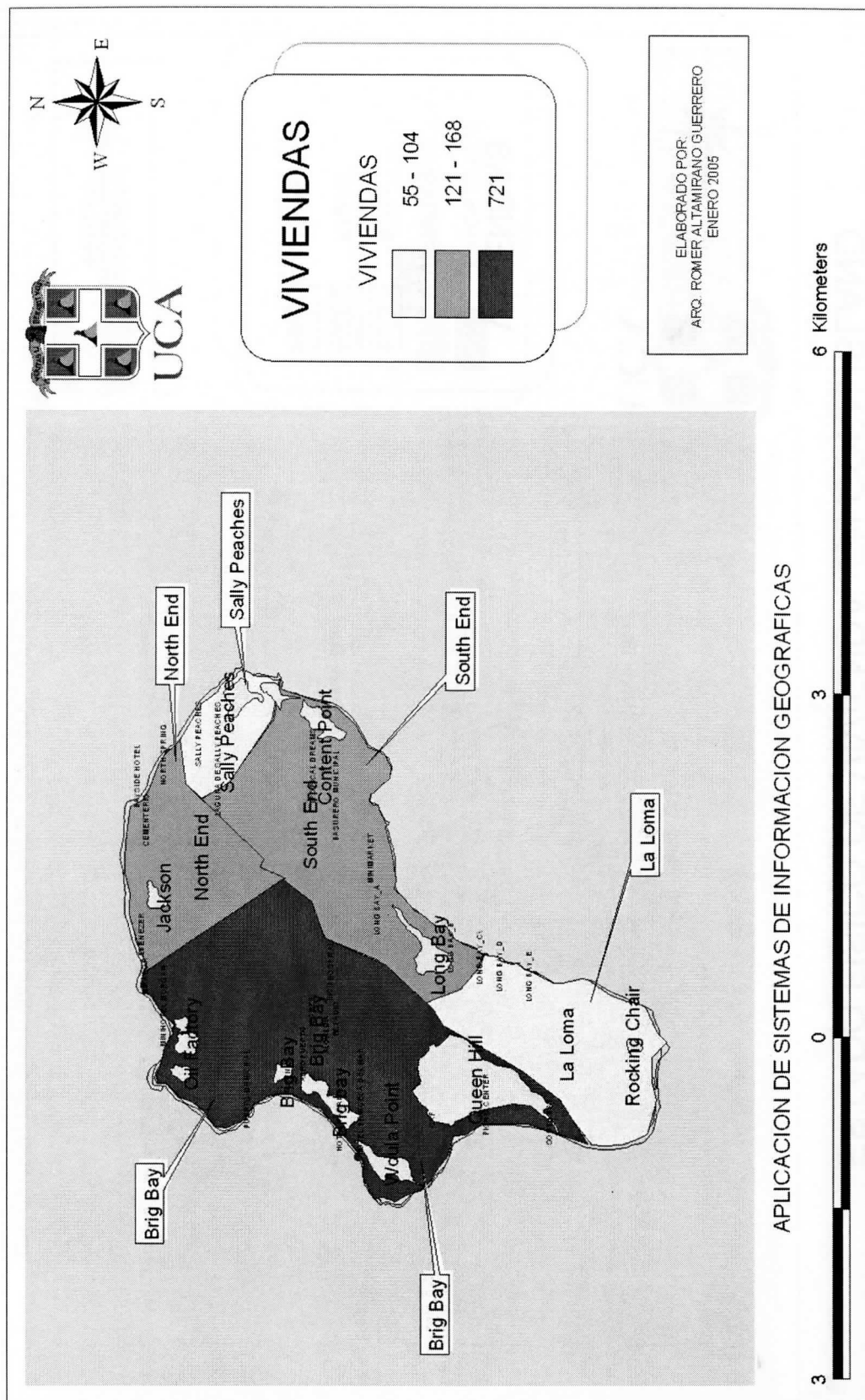
DIVISION BARRIAL DE CORN ISLAND



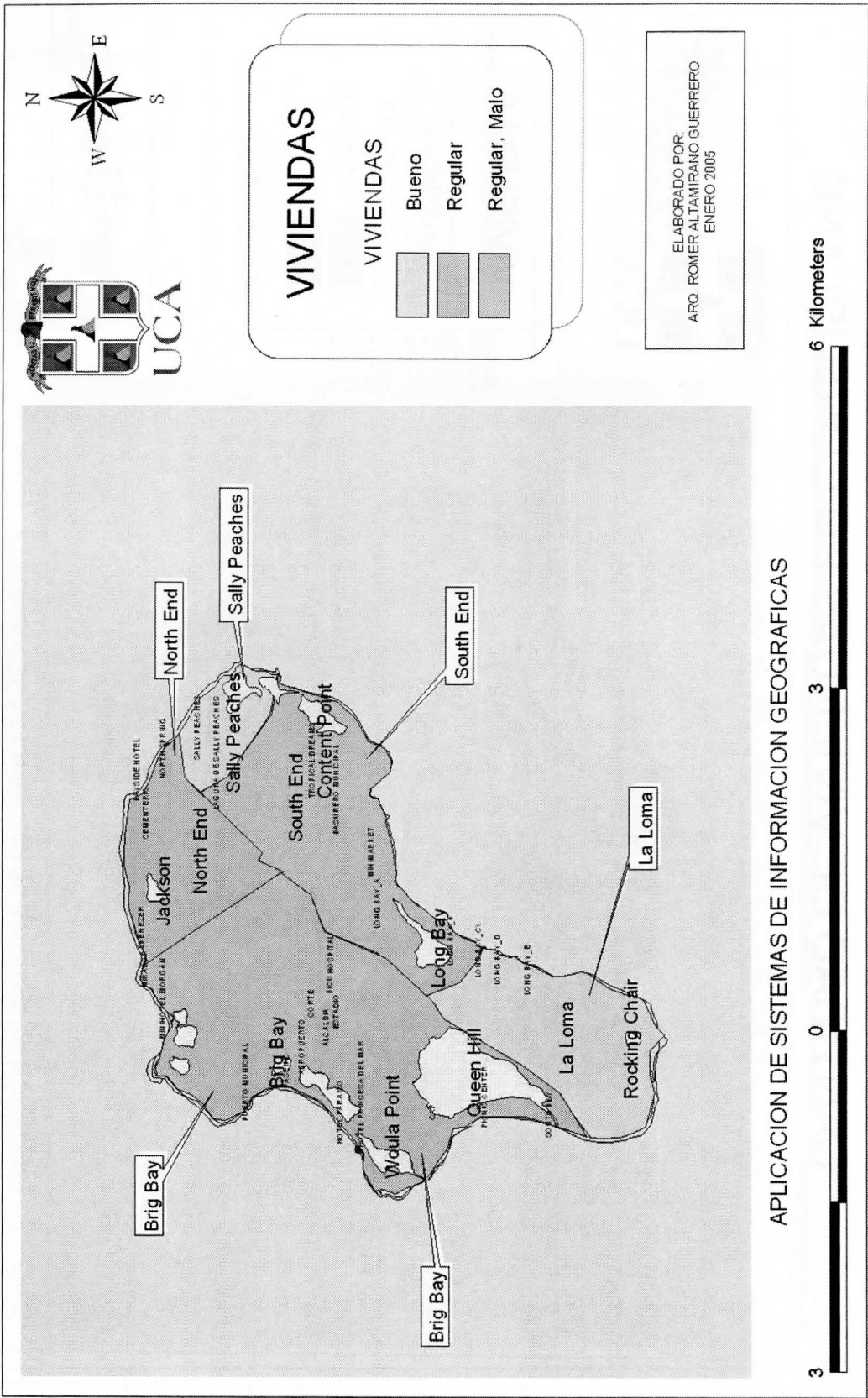
TIPOLOGIA DE VIVIENDAS EN CORN ISLAND



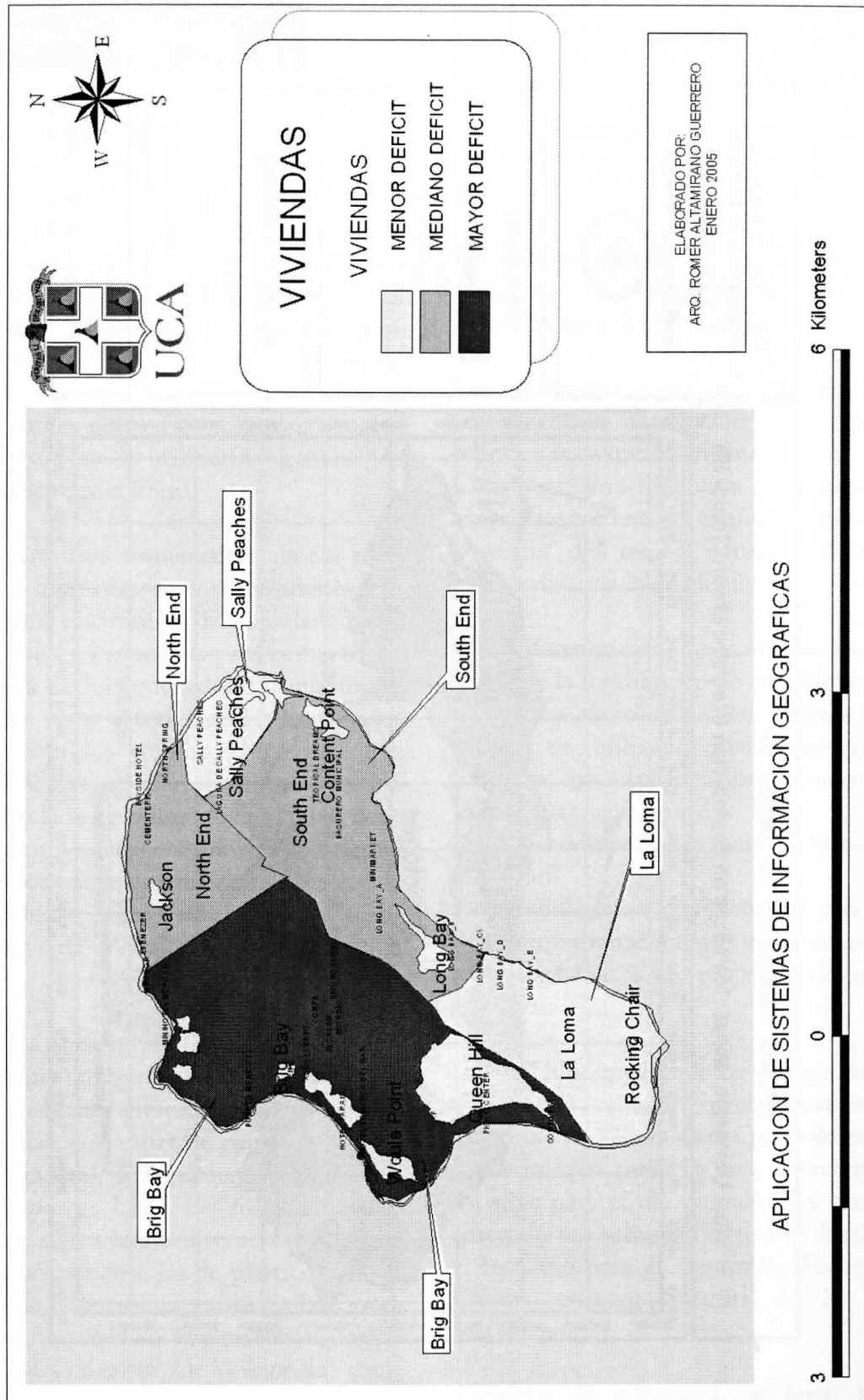
CANTIDAD DE VIVIENDAS EN CORN ISLAND

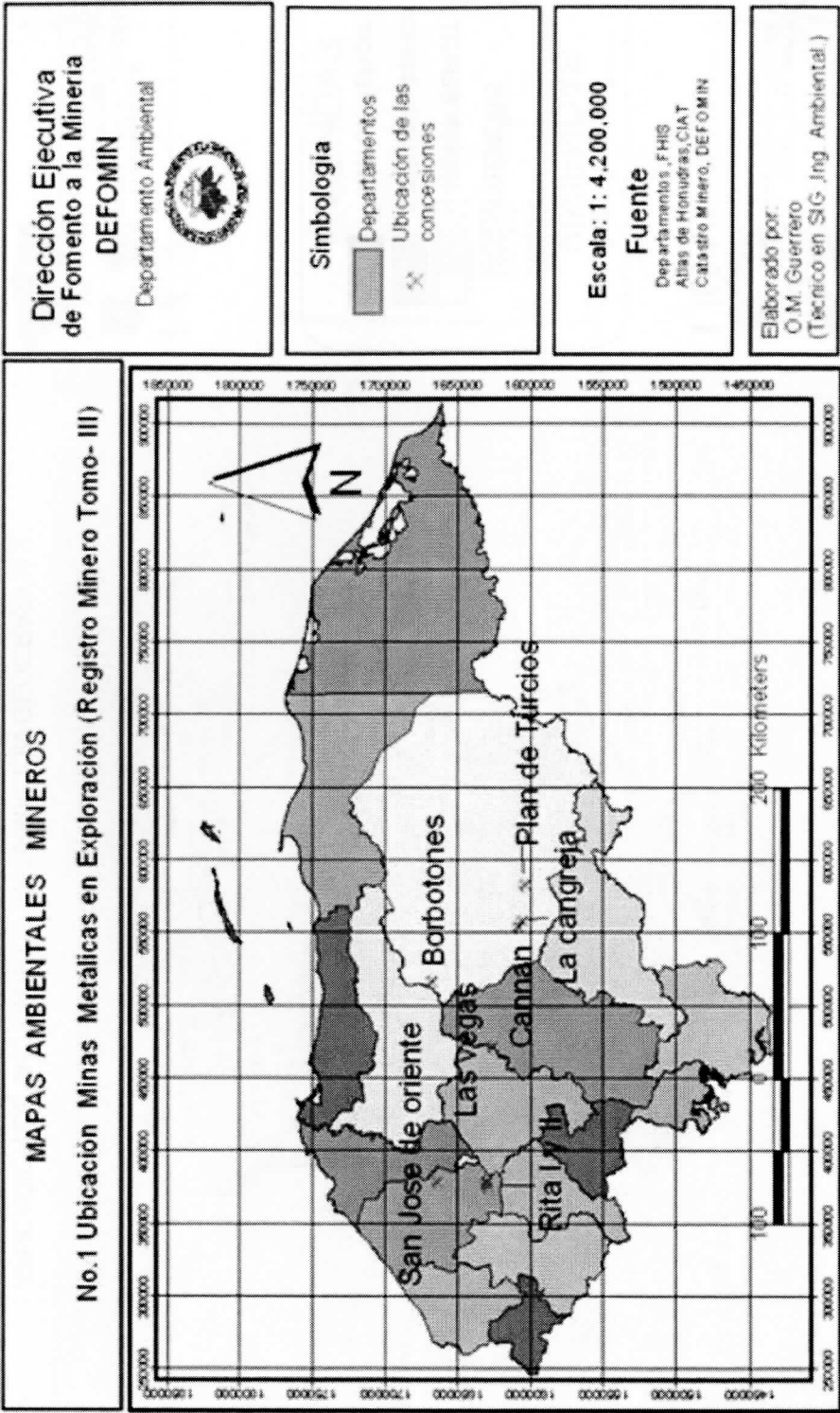


ESTADO FISICO DE VIVIENDA EN CORN ISLAND



DEFICIT DE VIVIENDAS POR BARRIO EN CORN ISLAND





15. Glosario de Definiciones

Antrópico: que tiene su origen o es consecuencia de las actividades del hombre.

Cartografía: ciencia que trata de la representación de la Tierra sobre un mapa. Al ser la Tierra esférica ha de valerse de un sistema de proyecciones para pasar de la esfera al plano. En el fondo este es el problema de la cuadratura del círculo. El problema es aún mayor, pues en realidad la forma de la Tierra no es exactamente esférica, su forma es más achatada en los polos que en la zona ecuatorial a esta figura se le denomina geoide (de Wikipedia, enciclopedia libre)

Conexiones para usos comerciales: líneas telefónicas fueron diseñadas para transmitir la voz humana, no datos electrónicos de los ordenadores. Los módems fueron inventados para convertir las señales digitales de los ordenadores a una forma que les permita viajar a través de las líneas telefónicas. Esos son los sonidos chirriantes que escucha, procedentes del altavoz del módem. Un módem del otro lado de la línea lo entiende y convierte los sonidos de nuevo en información digital que el ordenador puede entender. A propósito, la palabra módem viene de **MOD**ulador/**DEM**odulador (de Wikipedia, enciclopedia libre).

Fibra óptica: La fibra óptica es una guía de ondas en forma de filamento, generalmente de vidrio (en realidad, de polisilicio), aunque también puede ser de materiales plásticos, capaz de guiar una potencia óptica (lumínica), generalmente introducida por un laser, o por un LED. Las fibras utilizadas en telecomunicación a largas distancias son siempre de vidrio, utilizándose las de plástico solo en algunas redes de ordenadores y otras aplicaciones de corta distancia, debido a que presentan mayor atenuación que las de cristal (de Wikipedia, enciclopedia libre).

Fotogrametría: Se puede definir como una ciencia y arte de obtener o realizar mediciones correctas basándose en fotografías, a fin de determinar las características métricas y geométricas de los objetos fotografiados como, por ejemplo, tamaño, forma y posición.

Fotointerpretación: es la técnica de examinar fotografías con el propósito de juzgar su significado (de Wikipedia, enciclopedia libre)

Geomorfología: rama de la geografía que tiene por objeto la descripción y la explicación del relieve terrestre, continental y submarino. Constituye una disciplina de síntesis orientada, especialmente hacia el estudio de uno de los componentes del medio natural. (R. Coque) (de Wikipedia, enciclopedia libre).

Georreferenciación: posicionamiento en el que se define la localización de un objeto espacial en un sistema de coordenadas determinado. Este proceso es utilizado frecuentemente en los Sistemas de Información Geográfica (de Wikipedia, enciclopedia libre) Obtenido de "<http://es.wikipedia.org/wiki/Georreferenciación>"

Esta definición se complementa con el concepto de fotointerpretación, que es la técnica de examinar fotografías con el propósito de juzgar su significado.

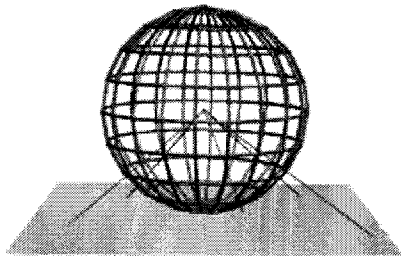
Imagen hiperespectral: La imagen hiperespectral utiliza una cámara especial para recortar una fotografía en 120 imágenes por colores específicos. Cada imagen presenta una característica única, invisible para el ojo humano. La cámara hiperespectral y sus aplicaciones fueron desarrolladas por el Instituto para el Desarrollo Tecnológico en el Centro espacial Stennis de la NASA, en Mississippi.

Lenguaje de programación Java: Java es una plataforma de software desarrollada por Sun

Microsystems, de tal manera que los programas creados en ella puedan ejecutarse sin cambios en diferentes tipos de arquitecturas y dispositivos computacionales (de Wikipedia, enciclopedia libre)

Pancromática: se llama pancromática a la emulsión fotográfica en blanco y negro sensible a todos los colores visibles, aunque no necesariamente de forma uniforme. Estas emulsiones deben su amplio espectro de sensibilidad al empleo de pigmentos.

Proyección azimutal: Esquema ilustrativo de una proyección azimutal gnomónica.



En este caso se proyecta una porción de la Tierra sobre un disco plano tangente al globo en un punto seleccionado, obteniéndose la visión que se lograría ya sea desde el centro de la Tierra o desde un punto del espacio exterior. Si la proyección es del primer tipo se llama proyección gnomónica; si del segundo, ortográfica. Estas proyecciones ofrecen una mayor distorsión cuanto mayor sea a su vez la distancia al punto tangencial de la esfera y del plano.

Proyección estereográfica: proyectar los elementos sobre una esfera sobre su círculo ecuatorial

Proyección geográfica: una proyección geográfica es un sistema ordenado que traslada desde la superficie curva de la Tierra la red de meridianos y paralelos sobre una superficie plana. Se representa gráficamente en forma de malla. La única forma de evitar los problemas de proyección es usar un globo, pero en la mayoría de las ocasiones sería demasiado grande para que resultase útil (de Wikipedia, enciclopedia libre)

OTRAS PUBLICACIONES PERIÓDICAS DE LA UCA



Envío. Es una revista de análisis político y de estudios socio-económicos. Posee un enfoque predominantemente nacional (Nicaragua) y regional (México, Centroamérica y el Caribe), pero aborda con regularidad temas sobre el nuevo orden internacional y ecología. Aparece cada mes y se publica en español, inglés e italiano. Dirección: Revista Envío. Apdo. postal A-194, Managua, Nicaragua. Tel: (505) 278-2557 / 277-4888. Fax: (505) 277-2583. E-mail: envio@ns.uca.edu.ni



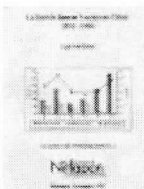
Revista de Historia. Es una publicación semestral del Instituto de Historia de Nicaragua y Centroamérica (IHNCA). Difunde los resultados de las investigaciones sobre la historia de Nicaragua y la región centroamericana realizadas por sus propios investigadores o por historiadores de otras instituciones nacionales o extranjeras. Dirección: Instituto de Historia de Nicaragua y Centroamérica. Apdo. postal C-186, Managua, Nicaragua. Tel: (505) 278-7317 / 278-7348. Fax: (505) 278-7342. E-mail: ihn@ns.uca.edu.ni



Wani. Es una revista especializada en la Costa Atlántica de Nicaragua. Sus artículos abordan el estudio de la sociedad, la cultura, la economía, la historia y los recursos naturales del caribe nicaragüense. Es una publicación trimestral editada por el Centro de Investigación y Documentación de la Costa Atlántica (CIDCA). Dirección: CIDCA. Apdo. postal A-189, Managua, Nicaragua. Tel.: (505) 278-0854 / 278-4930. Fax: (505) 278-4089. E-mail: cidca@ns.uca.edu.ni



Taller de Historia. Aparece dos veces al año. Es editada por el Instituto de Historia de Nicaragua y Centroamérica (IHNCA). Contiene textos y materiales bibliográficos destinados a servir de apoyo pedagógico a la enseñanza de la historia en las instituciones de Educación Superior. Dirección: Instituto de Historia de Nicaragua y Centroamérica. Apdo. postal C-186, Managua, Nicaragua. Tel.: (505) 278-7317 / 278-7348. Fax: (505) 278-7342. E-mail: ihn@ns.uca.edu.ni



Cuadernos de investigación de Nitlapán. Recogen los resultados de las investigaciones realizadas por el Instituto Nitlapán. Es una publicación de carácter monográfico, especializada en temas económicos. Dirección: Instituto Nitlapán. Apdo. postal A-242, Managua, Nicaragua. Tel.: (505) 278-0627/28 y 278-1343/44. Fax: (505) 267-0436. E-mail: cedoc@ns.uca.edu.ni



Revista Encuentro. Fundada en el año de 1968, *Encuentro* es una publicación de la Universidad Centroamericana (UCA) de Managua. Es una revista con un perfil académico y científico, destinada a investigadores, profesores y estudiantes de la educación superior. El tema de cada número es establecido por el consejo Editorial de la revista. Se aceptan artículos que sean el resultado de investigaciones empíricas o de reflexiones teóricas o filosóficas sobre cualquier aspecto de la realidad nicaragüense. Dirección: Revista Encuentro. Apartado postal No. 69, Managua, Nicaragua. Teléfonos: (505) 278-3923/27 ext. 192 y 236. Fax: (505) 267-0106. Correo electrónico: ucapubli@ns.uca.edu.ni

Mayor Información

Apdo. Postal No. 69.

Managua, Nicaragua

Tel.: (505) 278-3923/27, Ext. 192, 236.

Fax. (505) 267-0106

e-mail: ucapubli@ns.uca.edu.ni

